Introducción a la informática

José Luis Mora

Enzo Molino

trillas

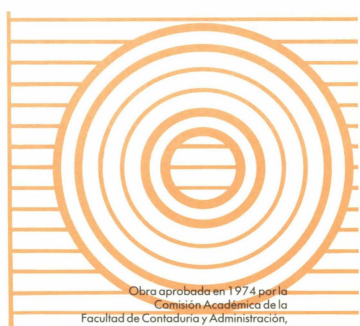
INTRODUCCIÓN A LA INFORMÁTICA

José Luis Mora
Enzo Molino

Este libro está dedicado a quien desea conocer los aspectos generales de la informática (o del procesamiento de datos) y para el que se considera dentro de una futura especialización en esta disciplina, pues la obra fue planeada a fin de que se estudiara por los alumnos con un mínimo de asistencia por parte de los profesores. Los autores la han concebido con la intención de lograr los siguientes objetivos:

Ofrecer a los estudiantes de áreas economicoadministrativas un texto que les permita obtener los conocimientos de informática o de procesamiento de datos necesarios para el ejercicio de su profesión, considerando que no requieren ser expertos en la materia sino que basta con que obtengan un panorama general de la misma.

Introducción a la informática



Obra aprobada en 1974 por la
Comisión Académica de la
Facultad de Contaduría y Administración,
Universidad Nacional Autónoma de México

José Luis Mora • Enzo Molino

Introducción a la informática

EDITORIAL TRILLAS

México, Argentina, España, Colombia, Puerto Rico, Venezuela

Catalogación en la fuente

Mora, José Luis
Introducción a la informática. – 4a ed. – México : Trillas, 1985 (reimp. 2005).
398 p. : il. ; 24 cm.
Incluye bibliografías e índices
ISBN 968-24-1694-9

1. Información - Sistemas de almacenamiento y recuperación. 2. Procesamiento electrónico de datos - Estudio y enseñanza. I. Molino, Enzo. II. t.

D- 004'M449i LC- QA76'M6.5 343

La presentación y disposición en conjunto de
INTRODUCCIÓN A LA INFORMÁTICA
son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o trasmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del editor

Derechos reservados
© 1973, Editorial Trillas, S. A. de C. V.,
División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.
Tel. 56884233, FAX 56041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439
México, D. F. Tel. 56330995, FAX 56330870

www.trillas.com.mx

Miembro de la Cámara Nacional de la
Industria Editorial. Reg. núm. 158

Primera edición, 1973
Segunda edición, enero 1974
Reimpresiones, 1974 y 1975
Tercera edición, enero 1976 (ISBN 968-24-0309-X)
Reimpresiones, septiembre 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982 y 1984
Cuarta edición, 1985 (ISBN 968-24-1694-9)
Reimpresiones, 1985, 1987, 1988, 1990, 1991, 1994, 1995, 1997, 1999 , 2002 y 2003

Decimosegunda reimpresión, abril 2005

Impreso en México
Printed in Mexico

Prefacio

Los profesores Enzo Molino Ravetto y José Luis Mora Castro han enseñado las clases relativas a Informática en la Facultad de Comercio y Administración de la Universidad Nacional Autónoma de México. La metodología y las prácticas han considerado el contexto mexicano, por lo que se han referido a organizaciones de un tamaño relativo al medio.

La experiencia, prueba y demostración efectuada por los catedráticos, enmarcan la informática y su importancia para un país en desarrollo que puede avanzar de manera constante en un campo que exige tecnología compleja y costosa.

El libro *Introducción a la informática* está dirigido a quien desea conocer aspectos generales de la disciplina y para el que, de manera fundamental, puede considerarse dentro de una futura especialización en esta ciencia.

Este trabajo representa un esfuerzo digno de encomio, al tiempo que encaja en el sistema de enseñanza modular que permite tanto estudio sistemático como autoevaluación.

José Antonio Fernández Arena
Facultad de Comercio y Administración
Director. 1973.

Prefacio a la cuarta edición

La informática es un área muy dinámica en la que los avances y nuevos descubrimientos se producen a una velocidad abrumadora. Es difícil estar al día, y más aún prever los cambios que habrá en la informática. Por ello, en esta nueva edición de INTRODUCCIÓN A LA INFORMÁTICA los autores han realizado modificaciones, tanto estructurales como de fondo, que hacen de ésta una obra totalmente actualizada en la que se incluyen los conceptos básicos para introducirse en esta disciplina, así como los adelantos tecnológicos más recientes de los que el estudiante debe estar informado.

El gran interés que hasta ahora han mostrado los autores por proporcionar un libro de texto confiable y oportuno es digno de encomio, por lo que no dudamos que esta obra seguirá contando con el apoyo de los catedráticos y de los estudiantes.

Los editores

Prólogo

Esta obra se concibió con la intención de lograr los siguientes objetivos:

- Ofrecer a los estudiantes de áreas económicoadministrativas un texto que les permita obtener los conocimientos de informática necesarios para el ejercicio de su profesión, considerando que no requieren ser expertos en la materia, sino que basta con que tengan un panorama general de la misma.
- Servir como introducción al campo de la informática para estudiantes interesados en profundizar dentro de esta área de conocimientos.

Por otro lado, consideramos necesario escribir teniendo en cuenta técnicas pedagógicas modernas y pensando en que la persona a quien va dirigida esta obra no conoce este campo; no obstante esto último, también pensamos que puede resultar de gran interés para lectores que tengan conocimientos y experiencia, debido al enfoque que se da a los diferentes temas.

La estructura de la obra está planeada para que se pueda estudiar fácilmente en un curso semestral de dos clases semanales de una hora cada una o en un curso trimestral de veinte sesiones; sin embargo, el contenido se puede adaptar a cursos de menor duración eliminando los capítulos que no sean indispensables para cada curso en particular.

La obra se planeó a fin de que fuera estudiada por los lectores con un mínimo de ayuda por parte de los profesores, lo cual la hace particularmente útil en sistemas de enseñanza en los que se pretende dar gran libertad al estudiante.

Al final de cada capítulo se incluye una sección de referencias bibliográficas para permitir al lector profundizar sobre algún concepto en particular o estudiar otros puntos de vista. También se incluye un glosario de los términos técnicos más comunes, especialmente de los que se utilizan en la obra, con la intención de facilitar aún más el aprendizaje de la materia.

En la primera edición de esta obra (1973), puesto que era la primera vez que se utilizaba el vocablo "informática" en el título de un libro editado en

México, los autores y la Editorial consideraron necesario incluir un comentario en el prólogo para aclarar este concepto. Debido a la aceptación que tuvo esta nueva palabra, dicha aclaración resulta hoy innecesaria para muchas personas, pero se ha decidido conservar parte de ella para orientar a los lectores que se inician en este campo. Es evidente, por otra parte, que el concepto de *informática* ha evolucionado y requiere de un análisis más completo de lo que resulta posible incluir en un prólogo, y por ello en el capítulo 1 se encuentra el desarrollo de este aspecto.

En la elaboración de este texto se tuvo presente un nuevo enfoque del proceso de datos,[1] esto es, se consideró la función de captar, procesar, analizar y suministrar información útil para la toma de decisiones en las organizaciones; a esta función la hemos llamado *informática*. El motivo principal por el que elegimos esta palabra es porque los demás términos que se usan en la actualidad son inadecuados para expresar lo que nosotros entendemos como campo de esta obra. Para ilustrar lo anterior consideremos, por ejemplo, la expresión "Proceso de datos". Con este título han aparecido un sinnúmero de libros, artículos, etcétera, fundamentalmente con influencia del idioma inglés, en los que se trata principalmente acerca de los equipos que se utilizan para el manejo de la información en las organizaciones. Este enfoque no nos parece adecuado debido a que en esta obra nuestra intención no es estudiar sólo los mecanismos de proceso, sino también hacer énfasis en la dirección de las organizaciones o, lo que resulta equivalente, en la toma de decisiones y en la información necesaria para ello. Obviamente, dentro del campo de la informática incluimos el proceso de datos, pero también anexamos otras técnicas y disciplinas como son el análisis y diseño de sistemas, la cibernética y otras, todas ellas útiles o necesarias para la eficiente dirección de las organizaciones.

Por otro lado, hemos llamado *introducción* a este trabajo, ya que los diferentes temas solamente se han desarrollado en un nivel básico; algunos de ellos, a pesar de nuestras intenciones y el esfuerzo desarrollado, quizá resulten de un nivel conceptual ligeramente superior al que se encuentra en un curso introductorio de economía o de contabilidad.

En los años transcurridos desde la primera edición se han presentado enormes avances en la tecnología asociada con la informática, así como en la conceptualización de los procesos y de los enfoques utilizados. Hemos tratado de incorporar estos avances, sin aumentar excesivamente la complejidad de la obra, y también las experiencias, sugerencias y observaciones recogidas a lo largo de los años en los múltiples cursos en los que se ha utilizado este libro. A pesar de todo, estamos conscientes de que la presente edición es aún susceptible de mejorar y que periódicamente debe continuarse su actualización.

La obra se divide en cuatro partes; la primera (capítulos 0 al 5) comprende los antecedentes, la nomenclatura, la orientación y las bases necesarias para

[1] Algunos autores y traductores prefieren usar la expresión "procesamiento de datos", que comúnmente se considera como sinónima de "proceso de datos"; por esto las usaremos indistintamente. Por otra parte, a menudo se confunde como sinónima de la expresión "sistemas de información" (véase el capítulo 1).

comprender y desarrollar el tema. La función de esta parte es describir la utilidad de la materia, sus repercusiones, su campo de estudio; al mismo tiempo, presenta las bases conceptuales y una perspectiva general del tema, así como ciertos conocimientos esenciales para desarrollar y comprender el resto del material.

La segunda parte (capítulos 6 al 11) comprende un estudio inicial de las computadoras electrónicas dedicado a sus componentes, al funcionamiento teórico de cada uno de ellos y a la forma de programar estas máquinas. Esta parte se encuentra más relacionada con lo que se denomina tradicionalmente como *proceso de datos*.

El objetivo de esta segunda parte es proporcionar al lector los conocimientos básicos acerca de las computadoras, desde el punto de vista de lo que puede hacerse con ellas.

Por lo anterior se trató, dentro de lo posible, de discutir funciones, más que equipos, a fin de evitar la mecanización.

La tercera parte (capítulos 12 al 16) aborda temas especializados, en relación con el proceso de información automatizada, principalmente desde un punto de vista metodológico. Cada uno de estos capítulos ha sido escrito a manera de introducción; los temas que éstos tratan son extensos y en la mayoría de ellos existen una gran diversidad de enfoques y subtemas; quien desee estudiar con más detalles alguno de los temas, tendrá que recurrir a publicaciones más específicas (algunas de ellas citadas al final de cada capítulo). Consideramos que algunos de estos capítulos pueden incorporarse al programa del curso, dependiendo de la orientación de éste. Otros pueden servir como material complementario y de apoyo. En general, se trata de introducciones a diversos aspectos metodológicos o ambientales que creemos que es importante mencionar.

La cuarta parte está formada por apéndices, en los que se incluyen aspectos que no consideramos indispensables en un curso introductorio convencional, pero que sí resultan de interés por su novedad o por el antecedente histórico que contienen. Creemos que este material puede ser útil en muchas situaciones académicas y para los lectores interesados en ciertos aspectos de la informática. En general, pueden servir como punto de partida para el desarrollo de investigaciones o trabajos dentro del curso y constituyen un refuerzo técnico de diversos capítulos. Los temas que tratan son muy específicos y, más que una introducción, intentan ser un resumen que proporcione una comprensión global de los temas tratados.

Nuestro deseo es que, al terminar de estudiar este libro, el lector haya obtenido una apreciación clara de los procesos y sistemas del manejo de información en las organizaciones, con cierto énfasis en el uso de computadoras. Confiamos en que estos conocimientos sirvan como cimiento para edificar en los múltiples campos que se derivan de esta disciplina.

LOS AUTORES

Índice de contenido

Prefacio 5
Prefacio a la cuarta edición 7
Prólogo 9

PARTE I: CONCEPTOS GENERALES

Cap. 0. Conceptos básicos sobre teoría de sistemas 16
Conceptos de sistema, 16. Características, 18. La organización como sistema, 22. Influencia del ambiente, 25. Referencias bibliográficas, 26.

Cap. 1. Informática, información y toma de decisiones 27
Concepto de informática, 27. Información y datos, 30. Información y decisiones, 36. Decisiones y cibernética, 39. Referencias bibliográficas, 46.

Cap. 2. Sistemas informáticos 48
Sistemas directivos, 49. Sistemas informáticos, 50. Flujo de información, fuentes de datos y documentos-fuente, 57. Diagramas de flujo, 58. La información en las organizaciones, 60. Referencias bibliográficas, 64.

Cap. 3. Antecedentes históricos de los mecanismos de proceso 66
Precursores, 66. Evolución en el siglo XIX y en los comienzos del XX, 70. Desarrollo a partir de 1920, 74. Referencias bibliográficas, 78.

Cap. 4. Mecanismos y medios de proceso 80
Funciones de un sistema de información, 80. Tipología de los sistemas de información, 84. Las computadoras electrónicas, 88. Referencias bibliográficas, 90.

Cap. 5. Registro indirecto 92
Concepto de codificación, 94. Redundancia y errores, 100. Jerarquías de información, 103. La tarjeta perforada, 104. Registro unitario, 110. Referencias bibliográficas, 112.

PARTE II: CÓMPUTO ELECTRÓNICO

Cap. 6. Introducción a la computadora 116
Generalidades, 116. Generaciones de computadoras, 117. Ventajas y limitaciones, 122. Capacidades, 123. Entrada de datos, 125. Recolección, 126. Conversión, 127. Referencias bibliográficas, 130.

Cap. 7. Unidad central de proceso (UCP) 132
Composición de la unidad central de proceso, 132. Concepto de programa almacenado, 142. Dispositivos en línea y fuera de línea, 142. Referencias bibliográficas, 144.

Cap. 8. Dispositivos periféricos 145
Unidades de entrada, 146. Unidades de entrada/salida, 151. Unidades de salida, 172. Referencias bibliográficas, 181.

Cap. 9. Programación de computadoras 182

Principios de programación, 182. Lenguaje de máquina o básico, 188. Lenguaje ensamblador, 189. Superlenguajes, 193. Apéndice, 196. Referencias bibliográficas, 199.

Cap. 10. Sistemas operativos 201

Necesidad de los sistemas operativos y orígenes de los mismos, 201. Efectividad y recursos del sistema, 204. Relación con las aplicaciones, 206. Multiproceso, 211. Proceso en tiempo real, 213. Comunicaciones, 213. Manejo de interrupciones, 214. Programas de control y de proceso, 216. Funciones adicionales, 219. Tipos y niveles de sistemas operativos, 220. Aspectos operativos, 221. Adiciones y actualizaciones, 221. Referencias bibliográficas, 222.

Cap. 11. Organización de archivos 223

Tipos de organización, 224. Comentarios sobre la selección de un modo de organización, 231. Referencias bibliográficas, 235.

PARTE III: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Cap. 12. Análisis y diseño de sistemas 238

Funciones de los sistemas de información, 238. Orientaciones metodológicas, 239. Metodología, 241. Referencias bibliográficas, 261.

Cap. 13. La informática aplicada a los métodos matemáticos 263

Métodos estadísticos, 264. Modelos matemáticos, 272. Referencias bibliográficas, 275.

Cap. 14. La informática y las organizaciones 277

Aspectos estructurales, 278. Aspectos humanos, 284. Referencias bibliográficas, 285.

Cap. 15. Cibernética e informática 288

Sistemas de control, 288. Sistemas de información en las organizaciones, 290. Teoría del control automático, 292. Control automático, 293. Factores de desequilibrio, 297. Modos de control homeostático, 299. Discusión, 299. Referencias bibliográficas, 300.

Cap. 16. Repercusiones sociales del uso de la computadora 302

Aspectos tecnológicos, 302. Aspectos económicos, 304. La computación en latinoamérica, 306. Referencias bibliográficas, 314.

APÉNDICES

Apéndice A. Mini y microcomputadoras 318

Aspectos generales, 318. Antecedentes de la minicomputadora, 320. Criterios de clasificación, 320. Aspectos tecnológicos, 323. Comparación con los sistemas de tiempo compartido, 325. Conclusiones, 328. Referencias bibliográficas, 328.

Apéndice B. Registro unitario: las máquinas y sus funciones 330

Recolección, 330. Conversión, 332. Trasmisión, 338. Almacenamiento, 339. Procesos del registro unitario, 339. Cálculo, 346. Reporte, 349. Referencias bibliográficas, 351.

Apéndice C. Aplicaciones del registro unitario 352

Aplicación 1, 355. Aplicación 2, 363. Referencias bibliográficas, 369.

Apéndice D. Aplicaciones del cómputo electrónico 370

Especificación del problema, 370. Determinación de los datos de entrada, 372. Diagramación del sistema de nómina, 374. Formato de los archivos, 379. Diagramas de flujo de los programas, 381. Referencias bibliográficas, 384.

Glosario 385

Índice analítico 393

Parte I

Conceptos generales

0

Conceptos básicos sobre teoría de sistemas[1]

La teoría de los sistemas ha venido a revolucionar muchos aspectos de las concepciones que el hombre tiene acerca de su ambiente. Este nuevo enfoque resulta de gran utilidad en muchos campos y, de modo especial, en el relacionado con el manejo de la información. Es fundamental, por tanto, iniciar una obra como la presente con una revisión general de los principales conceptos de la teoría de sistemas.

CONCEPTOS DE SISTEMA

Los sistemas se encuentran en todas partes del universo y el hombre los observa con el propósito de entenderlos, mejorarlos, copiarlos, transformarlos, etcétera [10].

Para facilitar su estudio, los sistemas pueden clasificarse de acuerdo con diversos puntos de vista o según ciertos criterios. Los sistemas pueden ser *concretos* o *abstractos*. Un sistema concreto es el que está formado por objetos físicos, por ejemplo, el sistema solar, una red telefónica y el sistema nervioso de los animales. Los sistemas abstractos tienen una estructura muy diferente de la de los concretos; se manifiestan a través del conocimiento organizado del hombre y le permiten comprender mejor su medio. Ejemplos de sistemas abstractos son el lenguaje, las teorías científicas y los sistemas numéricos.

Por lo general, los sistemas están compuestos por una serie de *subsistemas* [6] tanto concretos como abstractos. Los primeros están formados e integrados por los equipos y dispositivos necesarios para la operación del sistema; por ejemplo, máquinas de escribir, taladros, camiones, etc. Los subsistemas abstractos son el soporte que permitirá operar a los sistemas concretos; por ejemplo, la tecnología, los métodos y los procedimientos. En el caso de

[1] El presente capítulo es una adaptación del artículo del mismo título, publicado por E. Molino en la revista *Informatica*, núm. 26, febrero de 1978, pág. 16.

la computación electrónica, la computadora en sí, la máquina, representará el sistema concreto; los programas que se utilicen para procesar información dentro de ella, el sistema abstracto.

También pueden distinguirse los llamados sistemas *naturales* de los *artificiales*. Mientras que los primeros se presentan de manera espontánea en la naturaleza, los segundos son creados por el hombre.

Los sistemas pueden dividirse además en *abiertos* o *cerrados* [4]. Los primeros interactúan con el medio en el cual se ubican e intercambian con éste materiales, energía o información. En este sentido, es lógico que el sistema se vea afectado por el medio, y éste a su vez sea alterado por la mera existencia y operación del sistema. Los sistemas abiertos son difíciles de estudiar; por tal motivo, en muchos casos se simplifican para su análisis, suponiéndose que operan como sistemas cerrados.

Un sistema cerrado es el que no interactúa con su ambiente ni con otros sistemas, o sea que puede aislarse para su estudio sin que se alteren en lo más mínimo el ambiente ni el sistema mismo. Generalmente estas condiciones sólo se dan en teoría, ya que es muy difícil encontrar sistemas cerrados en la realidad (siempre existe alguna interacción, aunque ésta parezca poco importante).

Niveles de comportamiento

El comportamiento que muestra un sistema dado, o el que el diseñador trata de incorporar al sistema que está estudiando, depende del conocimiento que se tenga del sistema, de lo que se pretende lograr con el mismo, de la tecnología disponible y de otros factores. Sin embargo, el tipo de comportamiento es una característica importante de los sistemas y es lo que define su nivel conceptual.

El primer nivel es el de los sistemas más simples, los cuales muestran un comportamiento *determinístico*. A este nivel podemos llamarlo mecánico. Los sistemas que muestran este comportamiento permiten la predicción exacta de sus acciones. Por lo general es fácil estudiarlos y construirlos; los principales problemas que presentan son resultado del gran número de partes con el que pueden llegar a contar. Ejemplos de este tipo de sistemas podrían ser un reloj o un automóvil.

El segundo nivel corresponde al comportamiento *homeostático*, o sea, la búsqueda de un estado de equilibrio previamente definido. En general, estos sistemas usan mecanismos cibernéticos simples, como la retroalimentación, para mantener controlado al conjunto; sus resultados son predecibles en términos estadísticos. Pueden mencionarse como ejemplos el sistema de regulación de temperatura del cuerpo humano o los sistemas de control de calidad de una fábrica.

Un tercer nivel queda integrado por los sistemas que persiguen propósitos, y a los cuales se les llama *teleológicos*.[2] Esto generalmente significa que, de al-

[2] Teleología es el estudio del comportamiento con propósitos definidos, o sea, en la búsqueda de objetivos.

gún modo, el sistema tiene conciencia de sí mismo y de lo que pretende. El ser humano y las organizaciones son casos claros de estos sistemas, aunque se han diseñado y construido máquinas que muestran este tipo de comportamiento. Debemos destacar que un hombre y una máquina quedan comparados sólo por lo que respecta a ciertos comportamientos y de ningún modo establecemos una semejanza más allá de la que existe entre un dibujo y la figura que ésta representa.

El último nivel implica casi siempre la capacidad de algunos sistemas para adaptarse y aprender, o aun de aprender a aprender. Esta capacidad proporciona a los sistemas que la poseen una ventaja notable en su comportamiento, que les permite subsistir o lograr otros objetivos de modo mucho más efectivo y eficiente que los que no la poseen.

Otro tipo de comportamiento que no puede incorporarse a estos niveles, pero que se encuentra en muchos casos al estudiar o al diseñar un sistema, es el *aleatorio*. En este caso, el conocimiento que se tiene del sistema es tan deficiente, o el sistema es tan complejo, que no podemos explicar su comportamiento o no podemos lograr que éste siga un patrón. En general, conforme aumenta el conocimiento, este tipo de comportamiento tiende a explicarse con los otros tres tipos y deja de ser aleatorio, aunque en muchos casos es claramente un problema derivado de la capacidad humana. Éste podría ser el caso de las mutaciones biológicas, las cuales no pueden predecirse actualmente.

Definición

Si definimos al *sistema* [10] como un conjunto de elementos íntimamente interrelacionados, podemos agregar que los sistemas artificiales casi siempre han sido creados para alcanzar propósitos u objetivos y son, por tanto, sistemas orientados y, como tales, de naturaleza teleológica [3]. En este capítulo, cuando hablamos de sistema nos referimos a los sistemas teleológicos artificiales.

Por ejemplo, los sistemas de información son los que pretenden generar y suministrar información útil en un contexto dado. Podemos, por consiguiente, definir un sistema de información como un conjunto de elementos interrelacionados que obtiene datos y los procesa a fin de brindar información para la toma de decisiones.

Como corolario de esta definición, podemos comentar que la teoría de sistemas estudia los fenómenos, considerándolos como entidades integrales, ya que las interrelaciones entre los elementos constitutivos no permiten descomponer un sistema sin que éste pierda su naturaleza [2].

CARACTERÍSTICAS

La característica esencial de los sistemas, que se desprende de los comentarios anteriores, es la que deriva de la interacción de sus partes. Esta propie-

dad determina en gran medida el resto de las características de un sistema y es uno de los elementos que distinguen a los sistemas de otro tipo de entidades.

Otras dos características fundamentales de los sistemas son las siguientes:

a) *Sinergia*, o sea que el sistema tomado globalmente posee propiedades que no tienen sus partes, tomadas individualmente. Esto es, el sistema tiene una capacidad de actuación mayor o menor que la de la suma de sus partes.
b) *Equifinalidad*, es decir, la posibilidad de utilizar diferentes caminos o medios para llegar a un mismo fin, lo cual le permite una gran variedad de comportamientos.

Un sistema queda definido si se especifican: sus *objetivos*, sus *fronteras* y su *estructura*. En el primer caso se define el *propósito*, en el segundo el *alcance* y en el caso de la estructura se establece la *forma de operar*, o sea, los medios por utilizar.

Objetivos

Los objetivos son las metas o propósitos del sistema. Puede decirse que un sistema tiene dos tipos de objetivos: los intrínsecos y los asignados.

Los objetivos intrínsecos son los propósitos que el sistema adquiere con su propia conformación y que constituyen parte de su naturaleza. Generalmente se trata de propósitos muy básicos, derivados de la forma de interacción de sus partes. Por ejemplo [9], todo sistema tiene un propósito de supervivencia, ciertos sistemas persiguen el crecimiento, etc. Es necesario resaltar que este tipo de objetivos son muy difíciles de detectar y explicar; sin embargo, determinan muchos aspectos del comportamiento de un sistema.

Los objetivos asignados son los que se imponen al sistema en forma externa, es decir, se diseña el sistema o una modificación al mismo, para que realice las funciones necesarias a fin de lograr un objetivo. Debe tenerse cuidado al realizar el diseño, ya que el sistema tiende a generar objetivos intrínsecos que no necesariamente son los adecuados.

En términos generales, los objetivos asignados deben cuantificarse de modo operativo para que resulten claros, precisos y útiles.

Desde una perspectiva temporal, los objetivos pueden considerarse, bajo tres criterios: los de largo plazo, que están fuera de nuestro alcance; los de mediano plazo, a los que se prevé alcanzar fuera de nuestro horizonte de planeación, y los de corto plazo, llamados metas, a los que se tiene previsto alcanzar con tiempos y recursos precisos y preestablecidos.

Definir los objetivos asignados (por lo general llamados objetivos, simplemente) es una función normativa que implica decisiones de política respecto del sistema de que se trate y, por tanto, debe involucrar no sólo a los niveles responsables y con autoridad en el sistema sino también a los implicados en éste y a los afectados por él.

Fronteras

Las fronteras de un sistema constituyen el límite o línea divisoria entre lo que consideramos parte del sistema y lo que definimos como ambiente externo. Los límites máximos que puede abarcar un sistema determinado son, en principio, imprecisos o "difusos" y su definición puede orientarse con ciertos criterios, que se comentan más adelante, aun cuando suelen establecerse de manera arbitraria, permitiendo definir el sistema de modo conveniente para su estudio posterior [15]. Por ejemplo, una computadora puede considerarse como un sistema independiente y estudiarse como tal (éste es el caso de los especialistas en diseño de computadoras electrónicas). En otros casos, la computadora puede verse como subsistema o elemento de un sistema mayor. (Esto se ejemplifica con las organizaciones en las que los directivos conciben a la computadora como elemento que forma parte de un todo.)

Un sistema puede ser parte de un sistema mayor, entonces el primero es un *subsistema* del segundo; a su vez, este otro podría ser un subsistema de un tercer sistema aún más grande, y así sucesivamente. Podemos, entonces, señalar que el tamaño de un sistema depende de la ubicación que necesitemos tomar para investigarlo, estudiarlo o manejarlo.

El límite inferior en el que debemos situar los subsistemas elementales que se van a considerar para abordar un sistema, es también esencialmente arbitrario, pero una vez señalado este límite, los componentes pueden ser tratados como *cajas negras*[3] elementales, dejando a los diseñadores especializados en este nivel la tarea de especificar su estructura.

Ambiente

La parte circundante que no pertenece al sistema o que está fuera de sus fronteras, constituye el ambiente o entorno del sistema. En esta relación entre el sistema y el ambiente pueden distinguirse dos tipos de variables a las cuales se les llama *endógenas* y *exógenas*. Las primeras se consideran generadas y, por tanto, con posibilidad de controlarlas internamente. Las exógenas se definen como no controlables. Sólo las variables endógenas que se usan para describir un sistema, son consideradas para obtener un grado de control significativo.

Un criterio que permite establecer el alcance de un sistema puede ser derivado en función del campo de influencia o de autoridad del(os) tomador(es) de decisiones para quien(es) se estudia dicho sistema [3]. Es necesario subrayar que el campo de influencia no termina súbitamente sino que va haciéndose menos intenso conforme nos alejamos de las actividades principales (fig. 0.1).

[3] Caja negra es un concepto que permite especificar un elemento o sistema sin conocer su estructura interna ni su operación; esto es, por conveniencia, se acepta que un determinado componente (caja negra) recibe ciertas entradas y produce ciertos resultados, sin que nos preocupe cómo realiza la transformación [15].

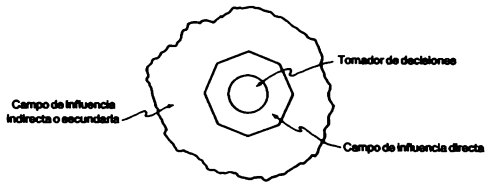


Figura 0.1. Campos de autoridad de un tomador de decisiones sobre un sistema.

Por ejemplo, el director de una organización tiene influencia directa sobre la misma y puede influir en cierta medida sobre elementos tales como proveedores, sindicato, clientes, etc., y en forma aún menos importante sobre el sistema social, el gobierno, etc.

Estructura de los sistemas

Definimos al tipo de sistema que nos interesa estudiar, como un conjunto de elementos interrelaciones que tienden a lograr un objetivo. La consideración de las interrelaciones entre los elementos es el factor distintivo de la teoría de sistemas [1], ya que aquéllas determinan la actuación de un sistema dado, de manera generalmente más significativa que la actuación de cada una de sus partes individuales.

Una gran cantidad de las interrelaciones en un sistema se debe a su estructura, pues ésta determina tanto la división del trabajo como las jerarquías. Estas últimas derivan de la necesidad de coordinar las interrelaciones de diferentes partes de un sistema y, según Emery (pág. 23), permiten reducir de alguna manera la aparente complejidad del sistema.

División del trabajo

La división del trabajo se refiere a la necesidad de dividir el conjunto de las actividades del sistema en unidades manejables. La teoría administrativa [12] indica que el *tramo de control*, o sea, el número de actividades que puede comprender y coordinar de manera efectiva una persona, queda ubicada entre 4 y 11, sugiriéndose como conveniente un tramo entre 5 y 7.

Dividir el trabajo en unidades manejables significa descomponer el sistema en sus elementos a través de una actividad de análisis. Esta función de descomposición ha sido una característica distintiva de la que Ackoff [1] ha llamado *era de la máquina*, en la cual se tendía a buscar los componentes ele-

mentales de un sistema y explicar al conjunto como la suma de las partes.[4] En la actualidad, se considera que los criterios de la era de la máquina permiten únicamente una visión parcial y que necesitan completarse con criterios de *integración* derivados de la actual era de los sistemas. Bajo los criterios de integración se pretende explicar, como un todo, el sistema en función de los objetivos que persigue. Esta visión teleológica se concentra más en el sistema global y en las interacciones que en los elementos. Ambos puntos de vista son complementarios.

Definición de estructura

El análisis y diseño de la estructura de un sistema es una labor compleja y, según Emery, una de las más importantes, ya que "cada estructura representa un sistema diferente" [8, pág. 7]. La forma estructural más común en los sistemas es la de tipo jerárquico, ya que permite ir integrando los componentes y subsistemas en un todo orgánico y coordinado.

La estructura interna de un sistema frecuentemente es arbitraria. Por lo común existen muchas maneras en que varios componentes elementales pueden colocarse dentro de una jerarquía de componentes de mayor nivel. No todas las estructuras son igualmente deseables; es preferible la que requiere de menor interdependencia y brinda un mejor aprovechamiento y eficiencia para cumplir con los objetivos fijados.

La estructura de un sistema equivale a la fragmentación de una meta global en pequeñas metas desarrolladas dentro de una estructura menos compleja denominada subsistema. Cada una de éstas contribuye presumiblemente a la obtención de la meta global o a la meta del sistema inmediato de orden superior. Esta fragmentación es un reflejo de la división del trabajo en el sistema.

LA ORGANIZACIÓN COMO SISTEMA

Un ejemplo ampliamente conocido de lo anterior lo constituyen las organizaciones, las cuales en realidad son sistemas compuestos por partes que interactúan y coadyuvan al logro de los objetivos del conjunto [6]. Así, una organización industrial puede dividirse en subsistemas tales como: producción, mercadeo y finanzas, los que a su vez pueden estar compuestos por subsistemas de nivel inferior, como control de calidad, compras, almacenes, etc.

En el caso de las organizaciones, la forma de dividir el trabajo y las *relaciones de autoridad*, definen su estructura. Sin embargo, aunque muchas de

[4] Un corolario de esto es que la conjunción de los óptimos parciales produce el óptimo del sistema, lo cual es falso. Piénsese, por ejemplo, en un departamento de producción de una empresa, en el cual se optimice el trabajo de cada empleado independientemente de los demás. Este sería un departamento con poca coordinación, muchos conflictos y baja productividad en conjunto.

las estructuras que podrían lograrse permitieran definir un sistema que logre los objetivos que se persiguen, no todas lo harán de la misma manera; el diseñador, con la colaboración de los usuarios e interesados en el sistema, debe tratar de lograr la óptima. Esto podría parecer facil con unos cuantos elementos, pero si cuantificamos un poco, resultará todo lo contrario. Supongamos que se cuenta con cinco elementos para integrar un sistema; con ellos podrían establecerse diversas estructuras (fig. 0.2).

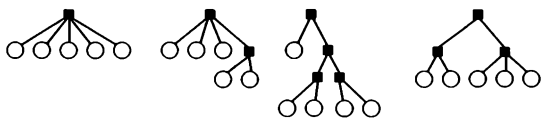


Figura 0.2. Algunas de las posibles estructuras de un sistema con 5 componentes.

Es evidente que, aunque tomara un poco de trabajo, podríamos determinar todas las posibilidades de relación de los cinco elementos y seleccionar aquella que nos muestre la estructura de sistema más adecuada; sin embargo, en la realidad, para definir un sistema o estructurarlo, el número de elementos que deberán tomarse en cuenta es mayor que cinco. Para ser más explícitos, supongamos que se tiene un sistema que debe integrar 10 elementos; si queremos determinar exhaustivamente cuál sería la estructura más adecuada y para ello decidiéramos usar una computadora que enumerara y evaluara cada una de las interrelaciones posibles y suponiendo que cada caso demande un milisegundo de proceso, necesitaríamos aproximadamente una hora para resolver el problema; si el número de elementos creciera a 15, entonces necesitaríamos *40 años* para resolver el mismo problema [8].

Diseño de la estructura

Existe un número prácticamente infinito de opciones para diseñar una estructura, pudiéndose presentar desde una estructura totalmente *vertical* hasta una completamente *horizontal* (fig. 0.3). En otras palabras, en un extremo puede tenerse un número muy grande de subsistemas, lo cual puede redundar en problemas de *coordinación* (dadas las limitaciones del tramo de control) y, en el otro, pocos subsistemas que deben por lo tanto ser *muy complejos* y a su vez subdividirse; esto presenta problemas de *comunicación* interna por el gran número de canales jerárquicos necesarios [8]. La selec-

ción de la mejor opción es un proceso heurístico[5] muy complejo que no ha podido ser definido con claridad.

Emery [8] define cuatro criterios que pueden auxiliar en este problema:

1. *Requerimiento de manejo de información que puede manipular.* Si esta limitación no existiera, debería diseñarse una estructura con el menor número de canales de comunicación y el menor número posible de subsistemas complejos (que contengan más de un elemento); sería una estructura como la de la figura 0.3, en la que el tramo de control es igual al número de tareas por realizar y el número de canales es de uno para cada tarea.

Esta estructura haría recaer un trabajo excesivo y no manejable en la unidad *coordinadora*. Por tanto, deben eliminarse todas las opciones que produzcan un tramo de control excesivo en alguna unidad; esto reduce notablemente el número de opciones posibles.

Si se siguiera la política contraria, es decir, si se establecieran subsistemas complejos utilizando el menor tramo de control posible (fig. 0.4), se reduciría el problema de coordinación a expensas de una complicación en las *comunicaciones*. En vista de que las comunicaciones incontroladas pueden acarrear confusión, generalmente se restringen éstas a los canales jerárquicos; por consiguiente, con esta modalidad la comunicación se vería obstruida por el gran número de nodos por los que debe fluir.

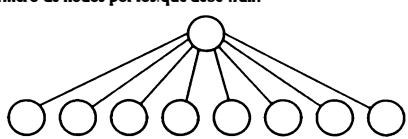


Figura 0.3. Estructura horizontal, derivada de un tramo de control amplio y subsistemas simples.

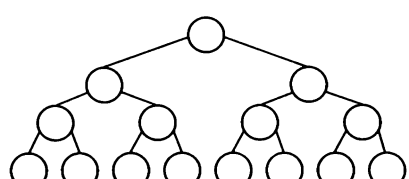


Figura 0.4. Estructura vertical, derivada de un tramo de control pequeño y subsistemas complejos.

[5] Metodología que permite el acercamiento a la mejor solución, a través del análisis científico de las experiencias previas [15]. Generalmente implica evaluación de aspectos aleatorios.

2. *Interacción entre las actividades.* Es preferible agrupar bajo una misma coordinación las actividades interrelacionadas, ya que esto facilita la comunicación entre las tareas y simplifica los problemas derivados de las interacciones. Las actividades con interacciones débiles pueden ser coordinadas por separado, ya que no necesitan mucha comunicación.

Este criterio permite, por un lado, reducir el uso de los canales jerárquicos que generalmente son los que deben usarse para la comunicación, ya que al agrupar tareas semejantes o relacionadas bajo la misma coordinación, se facilita la creación local de canales horizontales auxiliares. Por otro lado, al manejar conjuntamente actividades relacionadas hay mayor probabilidad de alcanzar una coordinación más eficiente de las interacciones.

3. *Complementación entre las actividades.* Existen casos en los que al agrupar dos actividades se obtiene una mayor eficacia que si se opera cada una de ellas por separado; en estos casos se habla de complementaridad entre ambas. Por ejemplo: si dos departamentos de una organización requieren un mismo equipo especial, es probable que al operar conjuntamente y compartiéndolo se economice bastante. En este caso, se hace explícito un tipo especial de interacción derivado del uso de recursos comunes. Generalmente conviene agrupar estas actividades.

4. *Concordancia de los objetivos con los de mayor nivel.* Es posible asignar objetivos a los principales subsistemas, de modo que éstos operen en forma semiautónoma como sistemas semiindependientes. Para ello es necesario que los objetivos sean parcialmente independientes de los otros subsistemas y que sean congruentes con los de la organización global. Esto produce organizaciones estructuradas *por proyecto* en donde cada subsistema tiene un conjunto relativamente amplio de objetivos.

El caso contrario es el de una estructura *funcional* en la que se subdivide al sistema en funciones interrelacionadas tales como ventas, producción, finanzas, etc. En esta situación deben introducirse una serie de restricciones para lograr la coordinación hacia el logro de objetivos de nivel superior, lo cual produce una dirección centralizada.

INFLUENCIA DEL AMBIENTE

Otros autores [7, 11] han manifestado que existe una interrelación entre el sistema social y la estructura de un sistema que opere dentro del primero. Para las mismas actividades y usando la misma tecnología, pueden tenerse diversas estructuras organizativas; por ejemplo, una estructura formal compleja con tareas simples o una estructural formal simple con tareas complejas. En el primer caso se obtendría un sistema más rígido y con limitaciones a la iniciativa y relaciones de los trabajadores, mientras que en el segundo caso existiría una mayor integración individual con el grupo de trabajo, mayor requerimiento de coordinación personal y mayor variedad de interacciones entre los miembros del grupo, lo que permite una mayor flexibilidad del sistema. Ciertas experiencias demuestran que el segundo caso es superior en muchos

aspectos al primero, ya que no se reduce al hombre a ser un componente mecánico del sistema.

Otros aspectos de la interrelación entre un sistema y su ambiente social derivan de que los sistemas en general son sistemas abiertos, esto es, interactúan con su medio y son por tanto influidos por éste. Las interrelaciones son múltiples, aunque algunas son más importantes en conexión con el diseño estructural del sistema. Schumacher [14] menciona los antecedentes culturales de la sociedad, los recursos y necesidades de la misma, su estructura de valores y otros.

Es evidente que en el diseño de la estructura de un sistema, al igual que en otros problemas que requieren de la intervención humana, deberán incorporarse factores como los que mencionamos, aunque hasta el momento no existan lineamientos que indiquen cómo hacerlo. Queda, por consiguiente, a la iniciativa, capacidad e imaginación de aquellos que intervengan en el diseño, incorporar factores tan sutiles y complejos como los que se han mencionado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ackoff, Rusell L., *Planeación en la era de los sistemas*, traducido de Sanhhya, 35 Ser B, 2A P., 1973.
[2] Ackoff, Rusell L., *Redesigning the Future*, J. Wiley & Sons, Nueva York, 1974.
[3] Beer, Stafford, *Cibernética y administración*, CECSA, México, 1974.
[4] Bertalanffy, L. von, *Teoría general de los sistemas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1976.
[5] Churchman, C. West, *The Design of Inquiring Systems*, Basic Books Inc., Nueva York, 1971.
[6] Churchman, C. West, *The Systems Approach*, Delta Publishing, Nueva York, 1968.
[7] Emery, Fred E. y Trist, E. L., "Socio-technical Systems" en Churchman *et. al.*, *Management Science*, Pergamon Press, Londres, 2, 1960.
[8] Emery, James C., *Sistemas de planteamiento y control en la empresa*, El Ateneo, Buenos Aires, 1972.
[9] Gall, John, *Systemantics*, Quadriangle, Nueva York, 1975.
[10] Gigch, John P. van, *Teoría general de sistemas aplicada*, Editorial Trillas, México, 1981.
[11] Katz, D. y Kahn, R. L., "Common Characteristics of Open Systems" en Emery, *Systems Thinking*, Penguin Books, Inglaterra, 1971.
[12] Koontz, Harold y O'Donnell, Cyril, *Principles of Management*, McGraw-Hill, Nueva York, 1968.
[13] Polya, G., *Cómo plantear y resolver problemas*, Editorial Trillas, México, 1969.
[14] Schumacher, E. F., *Small is Beautiful*, Harper & Row, Nueva York, 1975.
[15] Van Court Jr., *Systems Analysis: A Diagnostic Approach*, Harcourt Brace & World, Nueva York, 1967.

1

Informática, información y toma de decisiones

El desarrollo alcanzado hoy por las organizaciones demandagran cantidad de información. Por otra parte, las empresas de nuestros días están obligadas a tomar decisiones cada vez más precisas y con mucha mayor rapidez. La informática enfrenta estos problemas y los relaciona, estudiando el mejor modo de proporcionar la información necesaria para la toma de decisiones.

Para lograr sus metas, la informática estudia el diseño y la utilización de equipos, sistemas y procedimientos que permitan captar y tratar los datos adecuados a fin de obtener información útil para la toma de decisiones. Puede decirse que la informática se refiere al estudio de las relaciones entre los medios (equipo), los datos y la información necesaria en la toma de decisiones, como un sistema integrado.

En la figura 1.1 se presentan gráficamente las relaciones que se mencionan en el párrafo anterior. En ella se indica que la información es fundamental para tomar buenas decisiones; éstas se traducirán en una actuación adecuada, la cual, a su vez, nos permitirá lograr los objetivos de la organización. Específicamente, la informática trata lo referente a los dos primeros aspectos [12, 34][1].

El concepto de informática resulta de la evolución de la metodología, y del enfoque del manejo de información en las organizaciones. En la figura 1.2 adaptada de [22], se muestra en forma gráfica esta evolución.

CONCEPTO DE INFORMÁTICA

A la *ciencia que estudia los sistemas inteligentes de información* se le denomina *informática*. En otras palabras, la informática es la ciencia enfocada al estudio de las necesidades de información, de los mecanismos y siste-

[1] Los números anotados dentro de corchetes corresponden a las notas bibliográficas que van al final de cada capítulo. Se engloba en esa misma sección todo tipo de referencias al autor o al tema para que el lector amplíe su información al respecto.

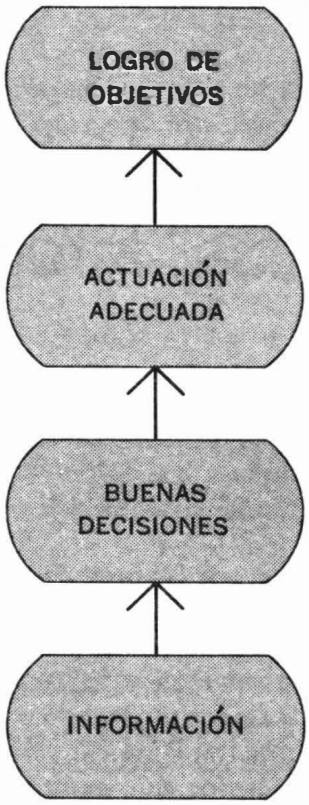


Figura 1.1

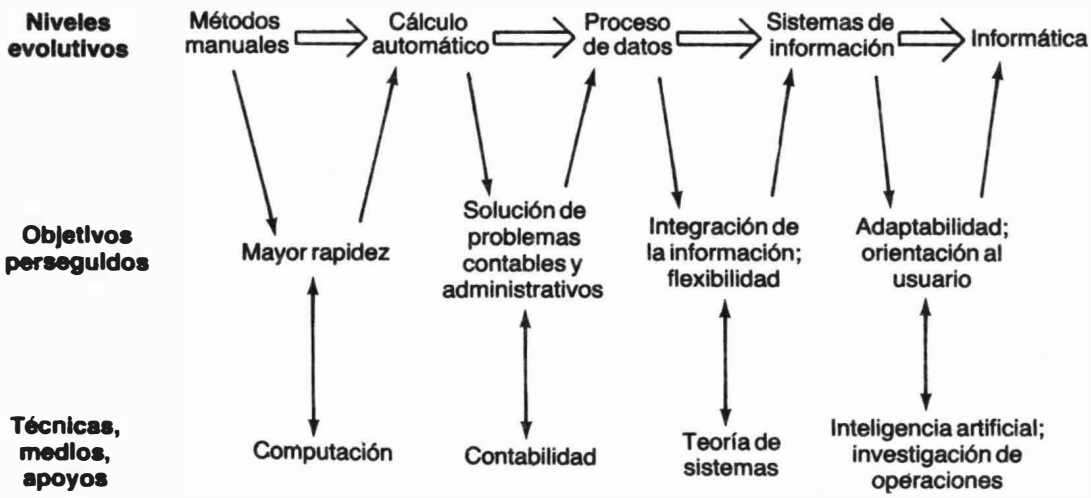


Figura 1.2

mas requeridos para producirla y aplicarla, de la existencia de insumos y de la integración coherente de los diversos elementos informativos que se necesitan para comprender una situación [1].

Denominamos sistema inteligente a aquel que posee la capacidad de comprender. En este sentido, la informática estudia los sistemas de información

que no sólo procesan datos en forma mecánica, sino que además incorporan funciones que permiten entender el significado de la información y, por tanto, realizar funciones que van más allá de las que se asignan tradicionalmente a un sistema de información. Estos sistemas con capacidades adicionales, que calificamos como inteligentes, los hemos denominado Sistemas Informáticos.

Desde un punto de vista organizativo, generalmente involucramos una aplicación o rama específica de la informática que podríamos denominar informática administrativa; o sea, la aplicación de principios informáticos con un ámbito específico: el administrativo, lo cual proporcionacaracterísticas específicas a la forma en que éstos se implantan. Esta rama de la informática se orienta a la dirección de sistemas complejos,[2] y en adelante utilizaremos principalmente este enfoque.[3]

El concepto de informática que presentamos es congruente con otras definiciones aportadas en la bibliografía especializada, pero refleja un punto de vista ligeramente diferente y representa, en cierto modo, el resultado de la evolución de los conceptos en este campo. Cabe mencionar, como ejemplo, la definición que presenta el IBI (Oficina Intergubernamental para la Informática) aceptada por los países miembros de esa organización. La definición del IBI, en su versión condensada, indica que la informática es: "La aplicación racional y sistemática de la información en los problemas económicos, sociales y políticos"[12]. También señala que la informática es la "ciencia de la política de la información".

Consideramos que la informática es una ciencia aplicada, directamente relacionada con la toma de decisiones. Decimos que es una ciencia porque constituye un conjunto de conocimientos de validez universal y, además, porque utiliza el método científico para el logro de sus objetivos.

El campo de acción de la informática es muy amplio, pues sus objetivos son, entre otros, definir procedimientos para elaborar un informe de ventas, establecer si los informes de avance de producción deben elaborarse manualmente o mediante una computadora, la elaboración de informes de tipo contable y el tratamiento de la información para poder decidir dónde ubicar nuestra próxima fábrica.

En la actualidad, los responsables de tomar decisiones muchas veces cuentan con información inadecuada para sus fines; generalmente esta información resulta superflua, incompleta, poco clara, demasiado voluminosa o se recibe demasiado tarde para que sea útil.[6]. Por ejemplo, un informe semanal de 250 páginas que describa en detalle los cobros efectuados por una empresa, no le será útil al gerente de créditos y cobranzas para que pueda decidir si su departamento operó eficientemente. Podemos ver entonces que la información útil será aquella que permita al responsable de tomar decisiones,

[2] El concepto de sistema complejo no puede definirse con precisión de manera absoluta. Intentarlo nos llevaría a considerar un sistema complejo como aquel sistema teleológico compuesto por subsistemas teológicos. Estas consideraciones quedan fuera de los alcances de este trabajo. En este sentido, una organización es un caso especial de un sistema complejo (5).

[3] Pueden considerarse también otros enfoques, según el área de aplicación de la informática; por ejemplo, informática documentaria (relacionada con aspectos bibliográficos), informática política (relacionada con los sistemas políticos y gubernamentales de un país), informática teórica, etc.

formarse, una idea clara y completa de la situación con suficiente anticipación, de tal forma que pueda tomar objetivamente las decisiones convenientes.

INFORMACIÓN Y DATOS

Es importante aclarar la diferencia entre información y datos. Aunque muchas personas utilizan estos términos como sinónimos, existe una importante diferencia entre estos dos conceptos desde el punto de vista de la informática.

Podemos considerar los datos como los insumos o resultados de un fenómeno, es decir, se trata de magnitudes, cifras o relaciones por introducir o derivar de la operación de un sistema. Los datos también pueden ser no numéricos; por ejemplo, hechos, principios, etcétera. Otro concepto de datos es el que los trata como elementos susceptibles de observación directa o de componentes elementales indivisibles de la información. La diferencia básica entre datos e información consiste en que los datos no son útiles o significativos como tales, sino hasta que son procesados y convertidos en una forma útil llamada información [25, 27]. En la figura 1.3 se muestra la relación que se establece entre datos e información a través de un proceso. El conjunto esquematiza un sistema de información.

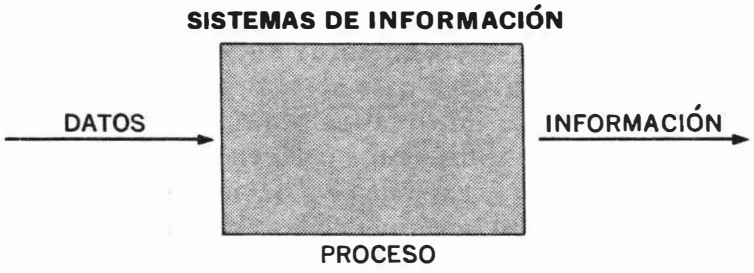


Figura 1.3

Se puede considerar que la información es el conocimiento derivado del análisis de los datos. Es necesario hacer notar que la información obtenida en un proceso determinado puede servir como dato para otro; por ejemplo, en un sistema de nóminas se tienen como datos las horas trabajadas por cada empleado y un sueldo por hora, y la información obtenida por el sistema será; los sueldos semanales de cada empleado. Esta misma información podrá servir como dato de otro sistema en el se desea determinar los costos semanales por departamento.

Existen muchos conceptos de lo que es la información [8, 14, 15, 26]. Se indicó que puede verse como el producto de un proceso, pero puede considerarse también como elemento integrador que permite la coordinación de diversos subsistemas, como un agregado de datos que puede utilizarse direc-

tamente, como elemento de reducción de incertidumbre, como representación del conocimiento, como noticia, etcétera. Sin embargo, el concepto que distingue mayormente la información en relación con otras formas de comunicación, para los propósitos que nos ocupan, en el que la considera como una comunicación que modifica los parámetros de una toma de decisiones.

Modelo de toma de decisiones

Una situación de toma de decisiones es aquella en la cual un individuo, en un contexto determinado, se enfrenta cuando menos con dos posibles opciones en donde existen cuando menos dos posibles resultados de cada una de ellas, y cada opción puede producir más de un resultado con cierta eficiencia [2] (véase figura 1.4).

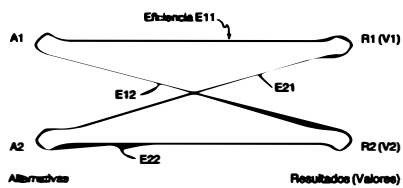


Figura 1.4. Situación de toma de decisiones.

Cualquier comunicación que modifique: *a*) la probabilidad de que el tomador de decisiones escoja una opción determinada, o *b*) la eficiencia de las opciones para lograr un resultado dado, o *c*) la deseabilidad de los resultados, es una información respecto a la situación de toma de decisiones de que se trata.

Por ejemplo, consideremos la siguiente situación extremadamente simplificada. Se desea incrementar el volumen de ventas en una empresa; para ello se han detectado dos posibles cursos de acción (opciones): (O_1) Contratar un vendedor adicional y (O_2) Contratar un anuncio en la estación de radio de la localidad. Los resultados previstos[4] son: incremento inmediato de las ventas en 10% (R_1) o incremento paulatino desde el 3% hasta llegar al 12% al finalizar un año (R_2). La preferencia o valor relativo de cada resultado podrá variar para cada tomador de decisiones y para cada situación específica (por

[4] Estimados a través de la experiencia y de los estudios elaborados por los técnicos en mercadotecnia de la empresa.

ejemplo, si se tiene urgencia de ingresos inmediatos se preferirá R_1). Esto es, R_1 tendrá un valor estimado V_1 para el tomador de decisiones de que se trate, y R_2 tendrá un valor V_2. Los valores V_1 y V_2 indican la deseabilidad relativa de cada resultado para un tomador de decisiones.[5]

Se estima que la eficiencia de la primera opción (O_1) para llegar al resultado R_1 es de 0.1 (E11),[6] por lo que la eficiencia de esta opción para llegar al resultado R_2 (E12) es de 0.9. A su vez, las eficiencias de la segunda opción se han estimado como: E21 = 0.7 y E22 = 0.3. Existen, tal como se indicó, varias posibilidades:

a) Si se le comunica al tomador de decisiones que existe una tercera opción posible o una mejor estimación de las eficiencias o cualquier otro dato que modifique su tendencia a escoger una de las opciones para lograr uno de los resultados, se le está informando.

b) Asimismo, se puede generar una comunicación que permita modificar las eficiencias de cada opción (como podría ser un programa de entrenamiento para los vendedores).

c) Por último, puede inducirse al tomador de decisiones a que modifique el valor relativo que asigna a los diversos resultados, a través de otra forma de comunicación. Por ejemplo, podría hacerse notar que sería preferible (en ciertos casos) R_2 por razones fiscales.

Los signos trasmitidos en cualesquiera de las formas de comunicación mencionadas son información. Sin embargo, existen sutiles diferencias en su modo de actuar sobre el problema y puede decirse que la primera es la que representa con mayor propiedad el concepto usual de información, ya que modifica directamente los parámetros de la toma de decisiones, mientras que la segunda puede asociarse al concepto de instrucción y la tercera, al de motivación.

Niveles de estudio de la información

C. Shannon y W. Weaver, en un trabajo ya clásico [36], desarrollaron el concepto de cantidad de información; no obstante, lo que miden en realidad es la cantidad de signos[7] de un mensaje.[8] Según Weaver, este estudio se refiere a lo que se ha denominado nivel técnico, en el cual nos interesamos

[5] Los valores de V_1 y V_2 pueden estimarse sólo de manera relativa entre los mismos; para ello, existen técnicas derivadas de la teoría de decisiones que no resulta relevante discutir aquí.

[6] Las eficiencias generalmente deben estimarse de manera empírica o con base en datos históricos o estadísticos. Para este ejemplo se estimaron de manera arbitraria. Nótese que la suma de las eficiencias derivadas de cada alternativa debe ser uno. Esto se debe a que las eficiencias generalmente representan probabilidades de lograr cierto resultado a partir de una opción específica.

[7] Símbolo o signo son la forma física más simple que puede representar un concepto, una idea, un objeto, etcétera.

[8] Mensaje es un conjunto coherente de símbolos que pueden representar a la información. Shannon define como cantidad de información al grado en que un mensaje puede reducir la incertidumbre en una situación dada.

por la capacidad de un canal para transferir signos. Podría incluso mencionarse que la teoría desarrollada por Shannon es más propiamente conocida como teoría matemática de la comunicación,[9] pues no consideran elementos esenciales de la información como son su significado, el contexto en que se transfiere, su propósito o las características del receptor.

Los otros niveles reconocidos por Weaver son: el semántico, que se relaciona con el estudio de la información considerando su significado, y el nivel pragmático, en el cual lo más importante es el efecto que la información tiene sobre el receptor de la misma. Este último nivel abarca a los anteriores, y es el que nos interesa es esta obra, aun cuando también se puede definir un cuarto nivel, de carácter normativo, que se ocupa de los aspectos éticos de la información.

Definición de información

Podemos resumir, entonces, que información es *el significado que tiene una comunicación para un receptor en una situación dada, en relación con un problema específico* [1].

En este sentido, un sistema de información debe cumplir, como parte de su operación, una importante labor de comunicación. Aún más, en una organización podría decirse que un sistema de información es un sistema de comunicación formal con capacidad para transformar la información.

Este concepto de información implica no sólo la existencia de ciertos datos o signos de un mensaje y su eventual trasmisión a un receptor, sino la recepción y asimilación de los mismos por parte del receptor y, por tanto, una modificación del comportamiento del sistema "problema-decisión".

Puede observarse que el concepto de información mencionado nos lleva a la esencia misma de los procesos de planeación, coordinación, dirección, etcétera, que, en última instancia, son aplicaciones específicas de la toma de decisiones.

Cabe también mencionar que, bajo este concepto, la información que no es aplicable a un problema específico puede clasificarse como "ruido", aun cuando en muchas ocasiones debe generarse y almacenarse para usos especiales o futuros que no estén directamente asociados con la toma de decisiones; por ejemplo, datos históricos y datos detallados de las operaciones que pueden servir para fines fiscales, para operar modelos matemáticos o para usarse en otros procesos.

Tipos de información

A fin de tener un marco de referencia adecuado, clasificaremos la información de acuerdo con las siguientes dicotomías:

[9] La comunicación es un fenómeno que abarca al concepto de información, cuando menos desde cierto punto de vista. Sin embargo, consideramos que se trata de dos formas de ver un mismo fenómeno. En el caso de la comunicación, el énfasis se pone en el fenómeno de transferencia de signos.

activa	—	inactiva
recurrente	—	no recurrente
documentada	—	oral
interna	—	externa
histórica	—	proyectada a futuro

La información activa es la que implica la acción inmediata de quien la recibe; por ejemplo, las órdenes de compra recibidas de los clientes. La acción producida por la información que contienen será procesar el pedido para que pueda ser surtido. Para que una información pueda considerarse como activa debe ser precisa y oportuna.

Por el contrario, la información inactiva es la que no requiere que se inicie una acción al recibirla; por ejemplo, el recibir la comunicación de que se pagó la nómina implica una información inactiva; generalmente nos indica hechos pasados. La información inactiva debe tratar de ser eliminada en un sistema eficiente.

La información recurrente es la que se genera a intervalos regulares; algunos ejemplos de este tipo son la información contable y los informes de ventas. Por otra parte, la información no recurrente se formula ocasionalmente para auxiliar en decisiones como la construcción de una planta o la expansión de una línea de productos. Es evidente que la información no recurrente es la más difícil de manejar y generalmente su manejo resulta más complicado de automatizar que el de la información recurrente.

La información documentada es la de tipo formal que se registra por escrito o bien se conserva en forma codificada; por ejemplo las tarjetas perforadas, la memoria de una computadora y una cinta magnética.

La información oral no se registra por escrito y se pierde al terminar la comunicación. La información de tipo oral no es controlable mientras que la información documentada puede serlo en cierta medida.

La información interna es aquella que se genera dentro de la empresa; por ejemplo, los estados financieros y los reportes presupuestales. La información externa, por su parte se genera en el ambiente de la empresa; por ejemplo, los planes de los competidores, la demanda de un producto por el público consumidor y el ingreso per cápita.

La información histórica sirve de base para elaborar proyecciones futuras. La información contable, por ejemplo, es de tipo histórico; se basa en hechos pasados sobre los cuales ya no se tiene ningún control.

Las proyecciones a futuro nos indican cuál podrá ser el estado de cierta información en un tiempo posterior al actual; por ejemplo, tendencias de mercado y estados financieros proyectados.

Es pertinente indicar que las informaciones activa, recurrente, interna e histórica resultan las más adecuadas para automalizarlas.

La información externa y la información proyectada a futuro son importantes para los niveles directivos de las organizaciones, debido a que éstos dedican la mayor parte de su tiempo a la planeación, tal como se puede observar en la figura 1.5. Los niveles inferiores de decisión utilizan un mayor por-

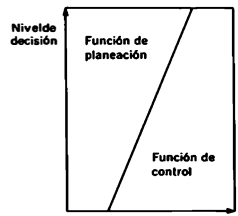


Figura 1.5

centaje de tiempo en funciones de control, mientras que la sección superior utiliza la mayor parte de su tiempo en funciones de planeación.

En la figura 1.6 se observa que la alta *dirección* requiere mayor información acerca del ambiente externo, mientras que los niveles inferiores requieren mayor cantidad de información acerca del ambiente interno de la organización [34].

Consideremos ahora cómo fluye la información dentro de las organizaciones en el sentido vertical. En la figura 1.7 notamos que la información, a medida que baja de niveles en forma de órdenes, sugerencias, políticas, etcétera, se va ampliando y aumentando en cantidad y en detalle. En cambio, la información que fluye desde los niveles inferiores hacia los superiores, se va concentrando y resumiendo, es decir, se sintetiza; esta síntesis consiste en informes, reportes y respuestas. Podemos deducir, por tanto, que la información requerida para las decisiones de alto nivel debe ser concisa y sintética

Figura 1.6

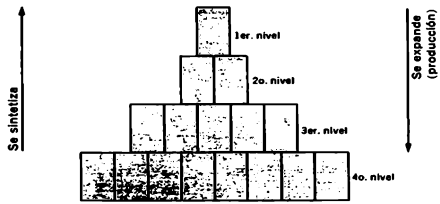


Figura 1.7

para que los niveles superiores no se vean abrumados por un excesivo número de informes demasiados detallados que les quitarán mucho tiempo para considerarlos [34].

INFORMACIÓN Y DECISIONES

Al desarrollar el concepto de información fue necesario introducir algunas ideas fundamentales respecto a la toma de decisiones. En esta sección analizamos en forma más amplia la relación entre información y toma de decisiones, considerando el proceso que se puede seguir para realizar esta actividad.

Si se analiza el proceso de toma de decisiones (véase figura 1.8) podemos distinguir cuatro etapas o fases [35]: *objetivos, información, predicción* y *evaluación.* Aunque estos cuatro elementos forman parte de todo proceso adecuado para tomar decisiones, hasta ahora las diferentes escuelas no se han

Figura 1.8

puesto de acuerdo en describir cuál es el procedimiento o proceso mental que sigue quien toma una decisión. Esto significa que, aunque sabemos qué es lo que se necesita para poder tomar una buena decisión en forma objetiva [11, 30, 31, 32], aún no hemos descubierto cómo se utilizan esos elementos y cuál es el proceso que se sigue para alcanzar una conclusión.

Al hablar de objetivos nos referimos a los elementos que nos indican hacia dónde queremos ir o hacia dónde nos debe llevar la decisión de que se trata. Si decimos que queremos incrementar nuestras ventas en un 5% durante el próximo periodo o que debemos reducir nuestros costos de manufactura en un 10%, estamos estableciendo objetivos.

Los objetivos deberán ser cuantificables, claros y reales, a fin de que puedan ser comparados directamente con los resultados obtenidos y poder así corregir en caso de desviaciones.

Cuando hablamos de información nos referimos a los elementos que nos permiten conocer la situación actual y estimar la futura, relacionada con la decisión que debemos tomar. En esta categoría podemos considerar las premisas sobre las que se basa la planeación, los datos de años anteriores que nos permitirán hacer proyecciones, etcétera. Siguiendo el ejemplo anterior (incremento de ventas en un 5%), la información necesaria podría ser el conocimiento del mercado potencial de nuestros productos, las capacidades de producción en nuestra planta, las características y potencialidades de nuestra fuerza de ventas y los costos actuales de producción. Por otra parte, al hablar de predicciones nos referimos al procedimiento que nos permite pronosticar o definir cuáles serían las posibles opciones por seguir y los probables efectos sobre factores como costos y utilidades, organización y personal de la empresa. Por opciones entendemos las diferentes posibilidades de llegar al objetivo propuesto. En el ejemplo anterior se pueden considerar como opciones para lograr el incremento de nuestras ventas, incrementar el presupuesto de publicidad, aumentar nuestra fuerza de ventas, incrementar la publicidad y al mismo tiempo incrementar ventas: fabricar otro producto, etcétera. Al predecir, estaríamos tratando de visualizar los resultados de aplicar cada una de las opciones consideradas.

Después de obtener las predicciones, con base en información disponible, se analizan considerando los objetivos fijados; con esto evaluamos las opciones y, gracias a esta evaluación, podremos decidir en forma objetiva cuál de ellas es la más conveniente.

Adentrándonos un poco más en el problema de la información relacionada con la toma de decisiones, en la figura 1.9 se muestran los diferentes tipos de problemas que visualizamos en relación con la toma de decisiones. Intervienen en un problema decisorio tres diferentes consideraciones: *a*) *tiempo al cual se proyecta la decisión*, *b*) *número de variables que intervienen*, y *c*) *grado de incertidumbre que se tenga respecto de los datos.*

Mientras mayor influencia tenga el tiempo en el proceso sobre el cual hay que decidir (problemas dinámicos), más difícil será tomar la decisión adecuada. Mientras más variables intervengan en un problema, más difícil será realizar operaciones que nos permitan obtener un resultado exacto. Cuando

mayor sea la incertidumbre[10] en la información que tengamos, más difícil resultará decidir acerca de cualquier problema.

Refiriéndonos a la figura 1.9, diremos que los problemas localizados en el punto 1 son los más fáciles de resolver, ya que tratan con muy pocas variables, no se tiene incertidumbre y no existe influencia del tiempo sobre los resultados. En el punto 2 la incertidumbre no constituye un problema puesto que se conocen exactamente los valores de los parámetros; el tiempo tampoco interviene, o sea que no influye sobre los resultados obtenidos, pero se tiene una gran cantidad de variables; este tipo de problemas se resuelven con métodos algebraicos.[11]

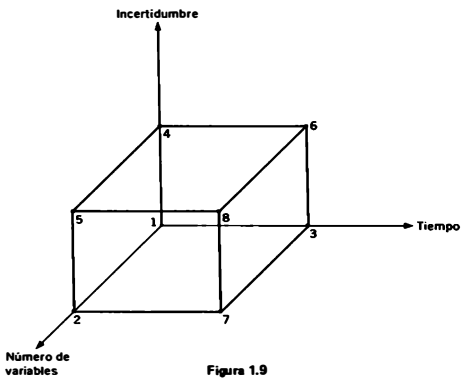


Figura 1.9

Los problemas en el punto 3 pueden ejemplificarse con los de balística, de mecánica celeste, etcétera, en donde se tienen datos confiables, con pocas variables, pero en los que el tiempo desempeña una función primordial.

Los problemas que se representan en el punto número 4 tienen una incertidumbre respecto de los datos disponibles; o sea, estos datos están constituidos por variables aleatorias, y tal tipo de problemas se ataca por medio de técnicas estadísticas que permiten manejar casos semejantes. Los

[10] El grado de incertidumbre se refiere a la certeza que se puede tener respecto de la exactitud de los resultados; este tipo de problemas se ve claramente en situaciones en las que se requiere del manejo de variables aleatorias; es decir, cuando no se conoce el valor exacto de esas variables.

[11] Programación lineal, no lineal, álgebra lineal, etcétera.

problemas que se presentan en los puntos 5, 6 y 7 son de mayor complejidad, ya que se tienen en el caso del punto número 5, un gran número de variables con alta incertidumbre, en el punto 6 una elevada incertidumbre con influencia del tiempo, y en el punto 7 un gran número de variables; además, el problema se ve influido por el tiempo.

En el punto 8 tenemos los problemas de la vida real en los cuales generalmente la incertidumbre es un factor importante; el tiempo influye notablemente y el número de variables es grande. La mayoría de los problemas de tipo administrativo se encuentran en esta categoría.

Sin embargo, las técnicas disponibles resultan más adecuadas acerca del punto 1 que en el resto del espacio. Esta limitante es la que obliga a desarrollar modelos simplificados de la realidad.

DECISIONES Y CIBERNÉTICA

H. Simon [37] señaló la conveniencia de distinguir entre dos tipos de decisiones: *programables* y *no programables*. Otros autores han planteado clasificaciones diferentes. Sin embargo, adoptamos la de Simon por ser la original y la que refleja los aspectos más trascendentes del fenómeno.

Las decisiones *programables* son las que reflejan gran parte de las siguientes características:

- Son repetitivas (se presentan con frecuencia).
- Afectan a una parte relativamente pequeña de la organización.
- Tienen impacto a corto plazo.
- Se refieren a problemas bien estructurados.
- Se relacionan con problemas que tienen un nivel pequeño de incertidumbre.
- Se conocen los principales factores que influyen sobre el problema.

Este tipo de decisiones son comparativamente fáciles de atacar con técnicas tales como la investigación de operaciones, incluyendo el análisis matemático, los modelos y la simulación.

La investigación de operaciones sirve para elaborar modelos que representan la realidad y para manipularlos a fin de determinar las mejores condiciones del modelo y, por ende, la manera en que debe operarse en la realidad [7].

Las decisiones no programables, cumplen con características como las siguientes:

- Son ocasionales (rara vez vuelven a presentarse de modo semejante).
- Inciden sobre gran parte de la organización.
- Tienen efecto a largo plazo.
- Se refieren a problemas poco estructurados y difusos o poco claros.
- Presentan un elevado grado de incertidumbre.
- No se conocen los factores principales que afectan al problema.

En este tipo de decisiones se utilizan técnicas como las de prueba y error, entrenamiento de ejecutivos, métodos de creatividad, análisis lógico, inteligencia artificial y otras.

Las técnicas que se aplican para las decisiones no programables son, en muchos casos, de carácter *heurístico*[12] y se aplican al entrenamiento de los responsables de la toma de decisiones y a la construcción de modelos de reducción de incertidumbre que pueden ser programados en computadoras.

La cibernética como herramienta de control por retroalimentación ha venido a apoyar, bajo su enfoque conceptual la construcción de mecanismos que permiten ampliar el campo de las decisiones programables. Así la cibernética tiende a propiciar el desarrollo y la elaboración de métodos y procedimientos, para permitir un mejor control automático en las operaciones normales de las organizaciones.

En los últimos años se ha logrado que muchas decisiones que en el pasado eran no programables, ahora sean programables, al mismo tiempo que otras que ya eran programables requieren de menores esfuerzos; con ello la automatización ha venido ganando terreno dentro de las actividades de las organizaciones modernas.

Habrá que indicar que los proceso cibernéticos y los dispositivos asociados sólo constituyen un medio para lograr la automatización, medio que no constituye una entidad más efectiva que los hombres que las utilizan.

La cibernética, esencialmente, se refiere al control de los sistemas [39]. Para ello, emplea de modo central el concepto de retroalimentación, esquematizado en la figura 1.10

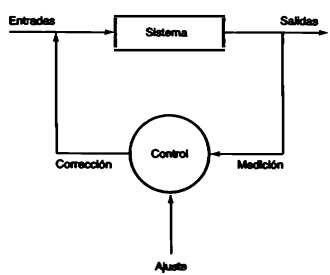


Figura 1.10

[12] Heurístico: proceso en el que intervienen la experiencia empírica y el razonamiento lógico.

La retroalimentación[13] constituye una forma de medir los resultados, compararlos con lo deseado y modificar las entradas con base en las desviaciones resultantes [4].

En la figura 1.11 se muestra este principio a través de un ejemplo simplificado de un calentador de agua doméstico.

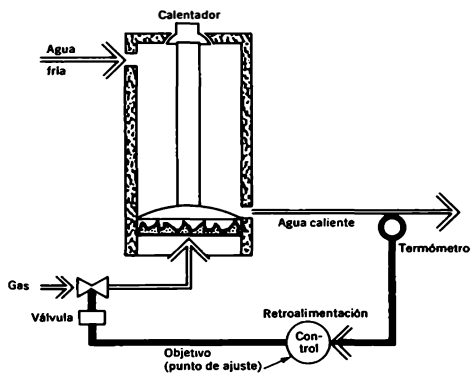


Figura 1.11

Por medio de la retroalimentación observamos los resultados obtenidos (la temperatura del agua). Estos resultados se comparan en la unidad de control con los objetivos (temperatura requerida) y se toman las medidas correctivas para lograr los resultados deseados; o sea, se abrirá o cerrará la llave del gas de tal modo que se mantenga la temperatura requerida.

Ciclo de control administrativo

El ciclo de control administrativo, como todo ciclo de control, se basa en el principio de la retroalimentación, esquematizado en la figura 1.10.

Si analizamos la función de control administrativo con relación al proceso

[13] Nótese que la retroalimentación constituye en realidad un flujo de información que vuelve al punto de partida.

de retroalimentación, debemos notar que la función básica es la misma —control—, aunque aplicada a un proceso diferente. El control administrativo resulta, debido a la intervención humana, bastante más complejo y requiere de un estudio más profundo.

Podemos observar una notable analogía entre la obtención de información y la de un producto. Es fácil considerar que la información es producto de un sistema que puede conceptuarse como organización aparte dentro de la misma organización; su función será obtener información que servirá para unir y relacionar los elementos que integran esa organización.

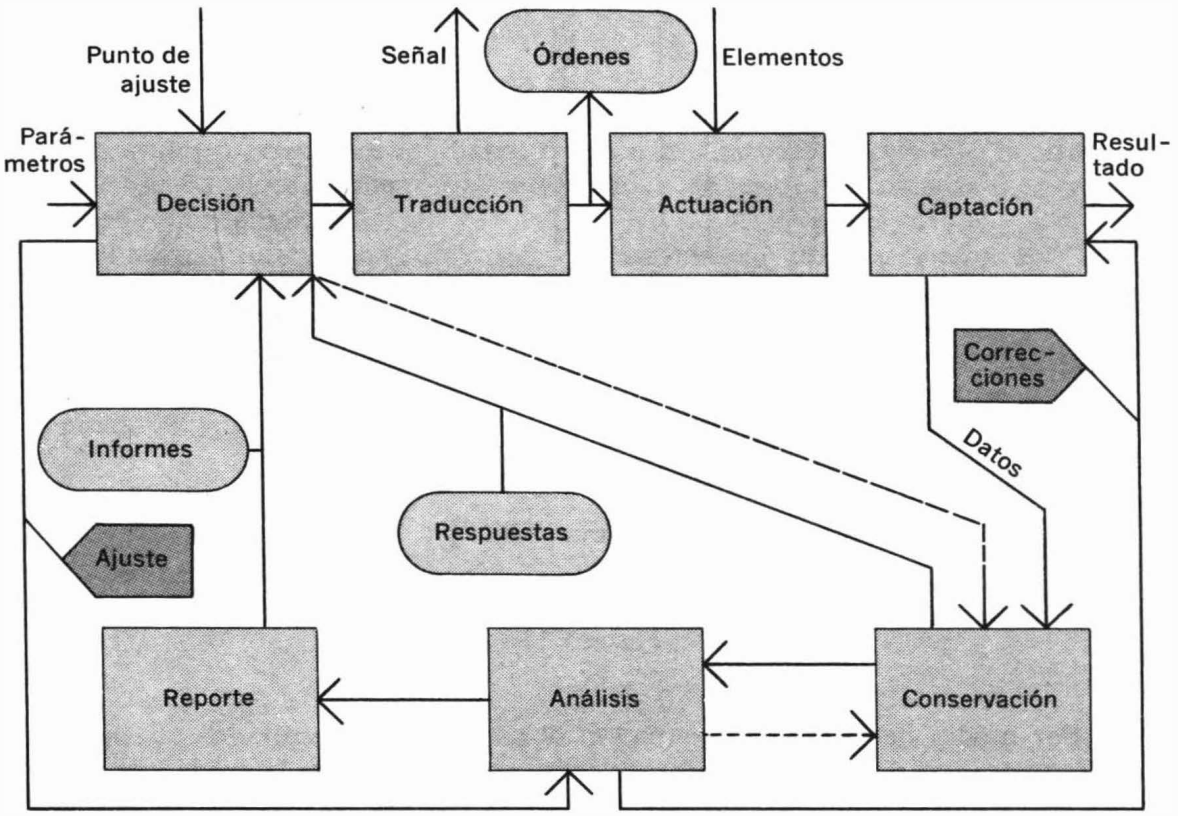


Figura 1.12. Ciclo de control administrativo.

Podemos decir que los flujos de información generados por el sistema de información son equivalentes al sistema nervioso de la organización. Las funciones de esa información quedarán integradas con la función de la toma de decisiones, la cual forma parte del ciclo de control administrativo que sirve, a su vez, como base del funcionamiento de la organización (véase fig. 1.12).

El ciclo de control administrativo está integrado por funciones, relaciones y conexiones. Las funciones básicas (representadas por un rectángulo) son: *decisión, traducción, actuación, captación, conservación, análisis* y *reporte*. Las relaciones están constituidas por flujos de información, o sea

por un lazo de comunicación (representado por líneas sólidas y punteadas). Las conexiones son el contacto con el exterior: *parámetros, puntos de ajuste, señales, elementos* y *resultados.*

La decisión consiste en la selección de un curso específico de acción; son actuadas por el punto de ajuste (objetivo) el cual se compara con informes, dentro del marco de parámetros o premisas. Por ejemplo, un gerente de ventas tiene el objetivo de lograr $2 500 000.00 por concepto de ventas para el próximo año. Los informes indican que se vendieron $1 800 000.00 el año pasado, y sus parámetros serían: la capacidad de producción, el costo del producto, los precios de la competencia, la situación del mercado, la demanda del producto, etcétera.

Nuestro gerente puede seleccionar una de varias opciones, como son, entre otras, incrementar el número de vendedores, modificar la publicidad o aplicar ambas estrategias simultáneamente. Supongamos que haya decidido aumentar en un 20% los gastos de publicidad; para que esta decisión pueda llevarse a la práctica deberá ser traducida: cuánto debe gastarse en radio, cuánto en televisión, en qué tipo de anuncios, a qué horas, etcétera. Al traducir la decisión se generarán señales que irán a otros sectores: avisos al departamento de producción a fin de que se preparen para el incremento en ventas, informes para la gerencia general.

Las órdenes se realizarán por medio de una actuación, la cual se valdrá de medios (en este caso) como dibujos, guiones e ideas. El resultado de esta actuación será una campaña publicitaria que se espera que genere mayores ventas. Es importante en este punto que el gerente se asegure de que su decisión obtiene los resultados por él esperados, para lo cual tiene que retroalimentar los resultados. Para hacerlo es indispensable captar cuáles fueron las ventas obtenidas.

Después de observar las ventas durante un tiempo, debemos archivar estas observaciones y conservarlas para uso futuro. Esta operación se puede lograr por medio de anotaciones en papel (por ejemplo, en las facturas), en tarjetas perforadas o en cinta magnética. Los datos conservados de este modo generalmente se organizan en forma de archivos que son analizados para que se ordene, seleccione y calcule la información que se va a necesitar al evaluar la actuación. En este caso se podrán ordenar las ventas por productos, seleccionar los datos de ventas del mes que interesan y calcular totales. Deducimos entonces que el análisis es el proceso que permitirá organizar los datos en forma significativa, o sea, obtener información. La información obtenida del análisis se transfiere por medio de la función de reporte a un informe que servirá para compararse con los objetivos (punto de ajuste), a fin de lograr una nueva decisión. Si los informes demuestran que los resultados obtenidos son los previstos, la decisión será continuar con la actuación anterior; si no se obtuvo lo previsto, se buscará el motivo y se tomará otra decisión. En cualquier caso, el ciclo descrito se repetirá en forma continua.

Podemos observar que si los resultados obtenidos son los previstos, no resulta indispensable la elaboración y envío de un informe. Este es el principio de la administración por excepción; en este caso únicamente se envía-

rán informes cuando haya desviaciones significativas respecto a lo previsto, es decir, cuando se trate de una excepción.

Valiéndose de la administración por excepción, los responsables de tomar decisiones se verán libres de informes que no son significativos y esto les permitirá concentrarse en otro tipo de actividades; se requerirá su intervención sólo en casos problemáticos que exijan una decisión específica. De aquí podemos observar que la dirección puede tomar decisiones que, aun cuando hayan sido tomadas una sola vez, se siguen utilizando continuamente en forma automática mientras no haya excepciones [24, 35].

Otros aspectos interesantes de la figura 1.12 son la línea de correcciones entre el análisis y la captación. Esto permite que, al analizar los datos, se definan necesidades y se modifique la captación de aquéllos para cubrir esas necesidades.

Si observamos la línea de ajuste veremos que ésta permite al responsable de la toma de decisiones solicitar modificaciones al análisis para que se proporcionen informes más útiles y significativos.

En el ciclo descrito notaremos que comprende las diferentes fases del proceso administrativo: *planeación, implantación* y *control.* Podemos observar, además, que representa al proceso administrativo como un servomecanismo.[14]

Características de la información como producto

En la figura 1.12 observamos que se obtienen tres tipos de productos de información dentro del ciclo de control administrativo: *órdenes, informes* y *respuestas* [38].

Las órdenes constituyen políticas a seguir, directrices y presupuestos trasmitidos de un nivel superior a otro inferior. Los informes representan la base para la mayor parte de las decisiones. Las respuestas son información solicitada expresamente o "sobre pedido"; como ejemplo tenemos las encuestas.

Los tres tipos de productos descritos anteriormente deben reunir, como cualquier otro producto, ciertas características. Las más importantes son: *tiempo de respuesta, exactitud* y *precisión, completividad, formato, correlación* y *pertinencia* [34, 38].

El tiempo de respuesta se refiere a la oportunidad con que se debe tener disponible la información; implica el tiempo necesario entre la actuación y el informe, en caso de que se trate de informes; entre la consulta y la respuesta, en caso de respuesta; entre la decisión y el inicio de la actuación, en caso de órdenes.

Es conveniente que el tiempo de respuesta sea el menor posible, pero debe considerarse el problema en cada caso para no exigir una respuesta rápi-

[14] *Servomecanismo* es un dispositivo autorregulado; por ejemplo, el termostato de un automóvil, el cuerpo humano o el regulador de presión de un tanque de gas. Su característica principal es la retroalimentación y, por tanto, constituye un proceso de tipo cibernético.

da cuando no es necesario, ya que a mayor velocidad de respuesta la información tendrá un mayor costo.

Exactitud y precisión se refieren a la confiabilidad de la información obtenida, y dependen en gran parte de los datos suministrados al sistema. (Nótese que exactitud y precisión son dos conceptos diferentes.)

Exactitud implica que los datos no contengan errores de trasmisión o de cálculo. Precisión se refiere al grado de aproximación que tenga la información con respecto al valor real. Así, en cualquier sistema de información, la exactitud y validez de la información que obtengamos a la salida dependerá directamente, y en forma primordial, de la exactitud de los datos que le suministremos al sistema.

La completividad se refiere al contenido de un informe, o sea, a que dentro de éste se encuentre toda la información necesaria para tomar una decisión particular. En los casos reales generalmente no se puede tener una información completa en grado absoluto, pero un buen sistema de información proveerá al responsable de la tomade decisiones de todala información *disponible* en forma organizada; la disponibilidad dependerá de los datos que sea posible suministrar al sistema.

Al hablar de la información en forma organizada nos referimos, entre otras cosas, al formato. El formato es el arreglo que presenta la información, ya sea en forma de texto, tabulada, gráfica u otra, con objeto de que resulte más clara y fácilmente utilizable. Se incluyen en esta característica los símbolos y claves, los cuales deben tener un significado adecuado y reconocible.

Cuando decimos que una información debe tener correlación, queremos indicar que las relaciones entre diferentes conceptos deben hacerse evidentes dentro del reporte; para lograrlo se incorporarán al proceso rutinas o técnicas estadísticas y de investigación de operaciones. Así, por ejemplo, si las ventas aumentaron considerablemente por un incremento en la publicidad, el informe deberá indicar que esa fue una posible causa y en qué medida influyó.

Al hablar de la pertinencia de la información nos referimos en cierta medida a la administración por excepción; esto es, la información que se suministre no deberá incluir datos ajenos o sin importancia; o lo que es lo mismo, no deberá contener información inactiva.

Es muy común suministrar información más detallada de lo que se necesita, y con esto se pierde mucho tiempo entresacando y obteniendo la que es de importancia para tomar decisiones sobre aspectos específicos.

Lograr una información que reúna los requisitos indicados es muy difícil y costoso; generalmente se trata de llegar a un compromiso que no afecte significativamente la eficacia de la información y que no comporte costos excesivos. Una buena medida del valor de la información nos la proporciona la utilidad de ésta, o sea que no resulta conveniente gastar más en obtener una información que la ganancia adicional (o reducción de costo) que ésta proporciona. Como ejemplo podemos citar un estudio de mercado; mientras más precisa y abundante sea la información, más costará, pero nadie haría un análisis que costara más que el aumento de ganancia obtenido en esa forma.

Este límite se encuentra en el punto A de la figura 1.13 y representa un costo mínimo para el problema de que se trate. Debe notarse, además, que en ciertos sectores se podrá sacrificar el tiempo de respuesta en otros, completividad (como en el ejemplo del estudio de mercado) y en otros aun exactitud y precisión.

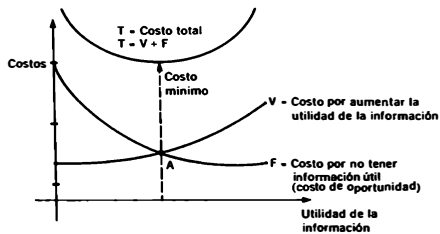


Figura 1.13

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Academia Mexicana de Informática, "Informática", *Revista Informática*, diciembre 1977/enero 1978.
[2] Ackoff, R. L., *Scientific Method*, J. Wiley & Sons, Nueva York, 1962.
[3] Arnold, R. R., Hill, H. C., *et al.*, *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.
[4] Beer, S., *Platform for Change*, J. Wiley & Sons, Londres, 1975.
[5] Beer, S., *Brain of the Firm*, J. Wiley, Chichester, 1981.
[6] Blanco Illescas, F., *El control integrado de gestión*, Limusa, México, 1976.
[7] Burch, J. G. y Strater, F. R., *Information Systems*, Hamilton Publishing Co., California, 1974.
[8] Cantarero, Manuel, "Informática y sociedad de masas", *Revista S.P.*, 358, julio 1969.
[9] Couffignal, Louis, *La cibernética en la enseñanza*, Grijalbo S.A., México, Colección Dina, 1968.
[10] Emery, F. F. (Dir.), *Systems Thinking*, Penguin Books Ltd., Middlesex, Reino Unido, 1969.
[11] Greenwood, W. T., *Decision Theory and Information Systems*, South Western Publ., Cincinnati, Ohio, 1969.
[12] I.B.I., *Introducción a la informática*, Serie Marrón DGI-01, I.B.I., Roma, agosto, 1975.
[13] Kaufmann, A., *Los cuadros y la revolución informática*, Ed. Hispano-Europea, Barcelona, 1970.
[14] Lamberton, D. (Dir.), *Economics of Information and Knowledge*, *Penguin Books*, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[15] Langefords, B. y Samuelson, K., *Information and Data in Systems*, Petrocelli, Nueva York, 1976.

[16] Lazzard, V., *Sistemas y procedimientos*, Diana, México, 1965.
[17] Martino, R. L., *Sistemas de información para directivos de empresas*, Ed. Técnica, México, 1970.
[18] Martzloff, C., *El ordenador rentable*, Ed. Técnicos Asociados, Barcelona, 1976.
[19] Mc Donough, A., *Information Economics and Management Systems*, Mc Graw Hill, Nueva York, 1963.
[20] Mc Donough, A. y Garret, L. J., *Management Systems*, R. D. Irwin Inc., Illinois, 1965.
[21] Mc Rae, T. W. (Dir.), *Management Information Systems*, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[22] Molino, E., *Tesis en elaboración*, División de Estudios Superiores, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM.
[23] Molino, E., "Sistemas informáticos: Lineamientos conceptuales para su diseño", *Revista Informática*, núm. 43, 11, septiembre 1979.
[24] Mora, J. L., "Informática y Administración", *Revista Iztapalapa*, núm. 9, julio-dic., 1983, UAMI.
[25] Murdick, R. G. y Ross, J. E., *Information Systems for Modern Management*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1971.
[26] Optines, S. L., *Systems Analysis for Business and Industrial Problem solving*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1965.
[27] Pecujlic, M., "El porvenir que ya ha comenzado", *Cuadernos Obreros*, Editorial Solidaridad, México, 1970.
[28] Pilorge, R., *Comprende L'Informatique*, J. Delmas Et Cie, París, 1969.
[29] Pratt, W. J., Raiffa, H., *et al.*, *Introduction to Statistical Decision Theory*, Mc Graw Hill, Nueva York, 1965.
[30] Prince, T. R., *Information Systems for Management Planning and Control*, R. D. Irwin Inc., Illinois, 1970.
[31] Raiffa, H., *Decision Analysis*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1968.
[32] Rappaport, A. (Dir.), *Information for Decision Making*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1975.
[33] Richmond, S. B., *Operations Research for Management Decisions*, The Ronald Press, Nueva York, 1968.
[34] Rouquerol, M., *Ordinateur et Decentralisation des Decisions*, E. Modernes D'Edition, París, 1968.
[35] Sanders, D. H., *Computers and Management*, Mc Graw Hill, Nueva York, 1970.
[36] Schoderbek, P. P., *Management Systems*, J. Wiley, Nueva York, 1967.
[37] Shannon, C. E. y Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Illinois, 1949.
[38] Simon, H., "A Framework for Decision Making: Memorias", *Symp. on Decision Theory*, Athens, Ohio, University, 1963.
[39] Sisson, R. L. y Canning, R. G., *Información por computadoras*, Limusa-Wiley S. A. México, 1969.
[40] Wiener, N., *Cybernetics*, The M.I.T. Press, Massachusetts, 2ª ed., 1961.

2

Sistemas informáticos

Si observamos en conjunto la organización de una empresa, es aceptable concebirla como un sistema, y a cada una de las partes integrantes, a su vez, como subsistema [27].

Los sistemas informáticos son parte integral de las organizaciones y, por tanto, constituyen subsistemas de ellas.

Cabe mencionar que es totalmente arbitrario definir algo como sistema. Ahora bien, es correcto llamar sistema a un conjunto de planetas; a su vez, una galaxia sería un sistema más amplio, el cual también es parte de un sistema mayor. Luego, un subsistema puede ser visto como un sistema particular, todo depende del universo[1] en que nos situemos para determinar si se trata de un sistema o un subsistema.

Para llevar a cabo nuestro estudio conviene ubicarnos en un enfoque cibernético.[2] Desde este punto de vista, una organización puede conceptualizarse como un sistema compuesto por dos grandes subsistemas: un sistema de operación y un sistema rector o directivo [31], tal como se muestra en la figura 2.1. El sistema de operación realiza las actividades necesarias para lograr los objetivos de la organización, mientras que el sistema directivo planea, coordina y regula al sistema de operación, para asegurar el logro de los objetivos. Este esquema es válido aun para organizaciones en donde el sistema directivo opera de modo participativo.

Los sistemas de operación cuentan con diversos subsistemas, tanto de operación directa como de servicio o apoyo; por ejemplo la producción, las finanzas y los recursos humanos.

Los objetivos de la organización pueden lograrse mediante la actividad del sistema de operación, que realiza el trabajo directamente productivo. Sin

[1] *Universo* tiene aquí un significado equiparable al que se le da en estadística.

[2] Cibernética es la "ciencia del control y la comunicación en el hombre y en la máquina" [41]. Esto es, se refiere al estudio de los mecanismos de control de los sistemas. Cuando es aplicada a sistemas complejos (7), se requiere que el sistema de información correspondiente sea también complejo y que incorpore funciones de carácter inteligente, para que pueda operar adecuadamente, aprender y adaptarse.

Figura 2.1. Componentes de una organización.

embargo, y a pesar de su importancia, los sistemas de operación no se describirán aquí pues son materia de estudio de otras áreas del conocimiento.

SISTEMAS DIRECTIVOS

Un sistema directivo tiene como propósitos planear y controlar, tanto la operación como el desarrollo del sistema de operación correspondiente. Para ello es necesario que se realicen dos funciones conplementarias cuya operación es soportada por sendos subsistemas: el subsistema de toma de decisiones y el subsistema informático que permite la operación del primero (fig. 2.2). El sistema de toma de decisiones realiza las operaciones típicamente directivas, mientras que el sistema informático realiza las funciones de servicio y de apoyo. En otras palabras, el sistema de decisiones realiza las funciones normativas, mientras que el sistema informático abarca los aspectos intelectuales necesarios y asegura la mayor racionalidad posible en los procesos directivos.

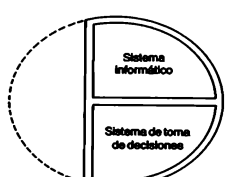


Figura 2.2. Componentes del sistema directivo.

Componentes del sistema directivo

Consideremos brevemente al sistema de toma de decisiones. Entre sus funciones esenciales destacan:

- Establecer y reajustar los objetivos, los pronósticos y las metas que se pretende que la organización logre en su conjunto; o sea, los planes de de la misma.
- Asegurar la coordinación entre los diversos subsistemas de la organización; esto es, hacer compatible la operación de los mismos.
- Definir y trasmitir las instrucciones, las políticas y las directrices que se requieran para que se armonice la operación en instrucciones.

Es evidente que este sistema resume la esencia misma de la función directiva y que constituye el núcleo gerencial de la organización. Las funciones básicas de este sistema pueden asimilarse al concepto del proceso administrativo, aunque la función de control tiene, en este último caso, una connotación más amplia.

En términos generales, el sistema de toma de decisiones está formado por los directivos de la organización, comités, etcétera, y su responsabilidad básica estriba en escoger las opciones más adecuadas y traducirlas en instrucciones.

Cabe mencionar que existen diversos sistemas de toma de decisiones en diferentes niveles, dentro de una organización, dependiendo del punto de vista del análisis que se haga de la misma. Más adelante se comentan brevemente.

SISTEMAS INFORMÁTICOS

Además del sistema de toma de decisiones, el sistema directivo requiere de un sistema complementario que hemos denominado *sistema informático*. Este sistema debe auxiliar en la identificación de los problemas y las oportunidades, controlar el resultado de las decisiones y manejar la información de manera "inteligente", según se verá más adelante.

Contar con un sistema informático como el que se describe a continuación permite que el sistema directivo no sólo pueda dirigir a la organización hacia los objetivos deseados, sino que además facilita: *a*) la adaptación de la organización ante situaciones cambiantes, y *b*) el desarrollo de una capacidad de aprendizaje que permita ir mejorando cuando las condiciones sean estables. En la figura 2.3 se resumen estas ideas, incluyendo las principales relaciones con el medio.

Existen diversos subsistemas que conforman al sistema informático (fig. 2.4); ante todo, un sistema de información que capte y procese los datos necesarios, los almacene y produzca la información requerida. Se requiere, además, un sistema de "control" que detecte situaciones anómalas (que pueden representar problemas u oportunidades), que verifique los resultados obtenidos respecto a los deseados o previsto y que detecte cuándo debe realizarse alguna acción.

Figura 2.3. Esquema de una organización.

Otro subsistema del sistema informático es el "sistema de planeación", el cual tiene la función de auxiliar al sistema de toma de decisiones en su función de planear y tomar las decisiones programables.[3]

Por último se tiene el sistema de "aprendizaje", que es de gran importancia; diagnostica las situaciones anómalas y las desviaciones y se encarga del rediseño continuo del sistema informático.

Pasemos ahora a describir brevemente cada uno de los subsistemas del sistema informático.

Sistema de información

El sistema de información capta los datos necesarios del medio y de la propia organización y los procesa hasta obtener un producto utilizable llamado información, la cual puede ser suministrada a otros subsistemas de la organización.

El sistema de toma de decisiones puede solicitar al sistema de información: *a*) verificaciones de la información recibida; *b*) información adicional o complementaria o *c*) detalles específicos sobre algunos elementos de información.

El sistema de información emite, además, informes sobre los resultados obtenidos de la operaciones de la organización. Esta información es la base del proceso de comparación con los objetivos y metas previstas y permite detectar las desviaciones para que se tomen las medidas correctivas necesarias.

[3] Las decisiones programables son las que pueden definirse con tal precisión que pueden ser tomadas automáticamente por una máquina. Generalmente son de tipo rutinario [39].

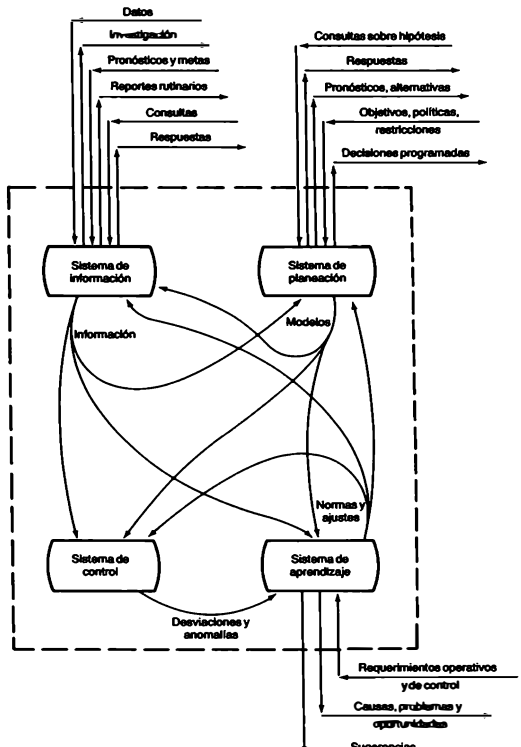


Figura 2.4. Esquema funcional de un sistema informático.

Esta información también se utiliza para detectar situaciones anómalas en la operación que pueden ser síntomas de problemas o de oportunidades para la organización.

Por su naturaleza integral se dice que los sistemas de información constituyen el sistema nervioso de cualquier organización, ya que de ellos depende la actitud que tome ésta con respecto a su ambiente operativo. Esto nos conduce a ver la función de los sistemas de información como un aparato esencial para la coordinación de todas las partes integrantes de una organización.

En adelante consideraremos a los sistemas de información como una unidad integrada por subsistemas, lo cual nos permitirá conceptuar claramente su rango de funcionalidad y las ventajas y desventajas de su aportación en la toma de decisiones.

La información disminuye la incertidumbre, y tal decremeto constituye una de las técnicas principales de regulación que deben aplicarse para la toma de decisiones. No se piense que lo anterior se debe a que se simplifica el sistema, sino a que se hace más predecible.

En la figura 2.5 se ejemplifica un sistema coordinador o sistema integral de información que controla las operaciones de una empresa a través de subsistemas integrados al sistema coordinador.

Si observamos y analizamos detenidamente la figura anterior concluiremos que el sistema integral está formado por una serie de subsistemas que tienen funciones áun más específicas que el integral. En nuestro ejemplo mostramos cuatro subsistemas que son: finanzas, mercados, producción y personal; cada uno de éstos, en el medio empresárial se toma más como sistema que como subsistema. Ahora bien, si observamos el sistema de personal en particular, diremos que puede estar integrado por cuatro subsistemas: nómina, caja de ahorros, prestaciones y contrataciones. Asimismo, cada uno de estos subsistemas de información puede considerarse como sistema si lo situamos como un universo. De este modo podemos decir que el sistema coordinador de la figura 2.5 cuenta con un sistema de nómina integrado por cuatro subsistemas: reporte quincenal de nómina, reporte de costos por departamento, reporte de retención de I. S. P. T. y reporte de prestaciones.

Nveles de operación

Algunos autores [4] han planteado tres niveles en los que deben operar los sistemas de información: el asociado a las actividades operativas, el que está ligado a los aspectos tácticos y el de apoyo a las funciones estratégicas. Puede verse con facilidad que el modelo que se ha presentado cubre estos tres niveles.

Desde el punto de vista de las actividades operativas se requieren datos e información detallados y actualizados sobre el estado de los recursos, el avance de las operaciones, las características de la organización y de su ambiente, etcétera. Generalmente la información necesaria puede generarse de manera rutinaria y cubre aspectos muy específicos. Por ejemplo, listados de nómina,

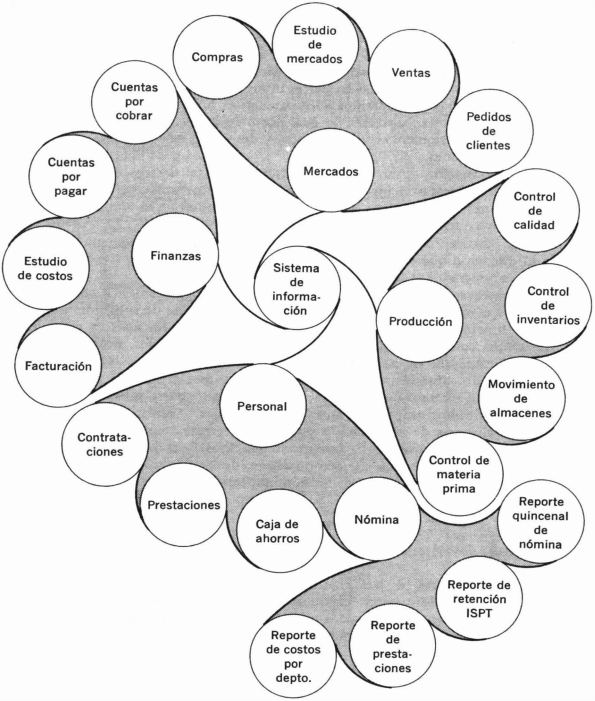


Figura 2.5. Sistema de información visto como un sistema total.

reportes de movimiento y existencias de los inventarios e informes de cobranzas, entre otros.

A nivel táctico, el grado de detalle y de actualización es menor que en el caso anterior y generalmente el área de operaciones cubiertas es más amplia. En muchos casos las necesidades de información para este nivel pueden satisfacerse con sistemas rutinarios, aunque pueden presentarse casos en los que se requiera generar reportes e informes especiales. Pueden mencionarse, como ejemplos rutinarios, los informes sobre costos de operación, análisis comparativos de ventas por producto y los estados financieros. Como ejemplo de informes especiales se tienen los estudios de tiempos y movimientos y los análisis de procedimientos administrativos.

Con relación a las funciones estratégicas, la información requerida contiene un mayor componente de aspectos externos, cubre áreas más amplias de la organización y generalmente no requiere ser muy detallada ni actualizada. Con frecuencia se requieren pronósticos y previsiones, así como estimaciones para los cuales es difícil o imposible obtener bases sólidas. Dada la escasa estructuración de los problemas que deben resolverse en este nivel y su carácter no repetitivo, generalmente se requieren informes especiales. Además, debido a los grandes volúmenes de información potencialmente relevante para este nivel, se requiere que ésta sea condensada y concisa, o sea, a nivel agregado. Se recomienda utilizar informes por excepción para los aspectos rutinarios de importancia. Como ejemplos pueden citarse los estudios para introducir un nuevo producto, los análisis de tecnologías competitivas y los estados financieros proyectados; pueden mencionarse, como ejemplos de informes por excepción, los reportes de variaciones anormales en los niveles de ventas, los cambios bruscos en los costos de operación, etcétera.

Es importante señalar que la información generada por el sistema de información para los niveles táctico y estratégico debe sufrir, en muchos casos, procesos adicionales por la parte "inteligente" del sistema informático, con objeto de que represente de mejor manera la situación a que se refiere y para que el sistema directivo en su conjunto aprenda y evolucione mejor y más rápidamente. Más adelante en este capítulo se intentará explicar algunas formas de lograr esto.

R. L. Ackoff [33], menciona un grupo de supuestos implícitos en el diseño de muchos sistemas de información, que generalmente son erróneos y han provocado un gran número de fracasos. Exponemos en forma breve cuáles son estos supuestos:

a) *Los directivos no necesitan conocer cómo opera un sistema de información, basta con que sepan utilizarlo.* Cuando se sigue este criterio, el directivo queda a merced del sistema de información y no puede controlarlo. Además, la labor de un directivo está basada en la información y, tal como se indicó, el sistema de información es parte del ámbito en el que actúa el directivo y de sus mecanismos de apoyo; esto claramente plantea la necesidad de una mejor comprensión de las funciones informáticas por parte de los directivos.

b) *Mientras más información pertinente se suministre, se tomarán mejores decisiones.* Este supuesto es falso en muchos casos, ya que los directivos actuales reciben generalmente mayor cantidad de información de la que pueden manejar. Lo que se requiere son mecanismos de filtrado y compresión de la información, sin que por ello se pierda la esencia de los fenómenos estudiados.

c) *Debe darse a los directivos la información que deseen.* Esto puede resultar conveniente cuando el directivo sabe cuál es la información que necesita. Sin embargo, generalmente éste no es el caso, ya que para ello sería necesario contar con modelos explicativos de las situaciones problemáticas que deberán resolverse. En la mayoría de los casos, no se ha definido y probado un modelo que permita asegurar cuáles son los factores realmente importantes en una decisión. Por consiguiente, es difícil establecer qué información es pertinente. En esta situación, el directivo que debe solicitar información se verá obligado a pedir lo que él cree que necesita, lo que prácticamente implica cualquier cosa.

d) *Si se proporciona a los directivos la información que necesitan, mejorarán sus decisiones.* En muchos casos en los que pueden definirse las necesidades de información, la mayoría de los directivos no pueden tomar las decisiones adecuadas directamente, sino que requieren alimentar la información a modelos (por ejemplo de programación lineal o de análisis probabilístico). Esta limitación deriva de las propias capacidades humanas que solamente pueden abarcar de manera efectiva un número muy pequeño de variables [38].

e) *A mayor comunicación, mejores resultados.* Este supuesto solamente es válido cuando no existen situaciones de conflicto o de competencia internos. Cuando se presentan estos problemas, una mayor comunicación tiende a perjudicar al sistema de que se trate.

Sistema de control

Este sistema debe realizar las funciones de comparar los resultados obtenidos con las metas propuestas, y señalar los casos en que se presentan desviaciones [2]. Adicionalmente puede mantener una serie de indicadores acerca de la actividad de la organización, con lo cual se detectarán oportunidades y problemas con suficiente anticipación.

También es posible mantener un control sobre los hechos críticos o sobre fechas y actividades, con lo cual se facilita, de manera importante, la labor operativa de la organización.

Sistema de aprendizaje

Se refiere a todos los elementos de diagnóstico y rediseño del sistema total. En otras palabras, cuando se presentan desviaciones o problemas, debe

determinarse la gravedad de los mismos, sus orígenes básicos y las medidas técnicas que pueden tomarse para corregirlos (3).

Este sistema se realiza a través de grupos asesores y/o de expertos que profundizan sobre las posibles causas de situaciones anormales y sugieren posibles soluciones.

Sistema de planeación

Comprende diversos elementos orientados a facilitar las decisiones a futuro en la organización. Esto implica el desarrollo de modelos, la elaboración de pronósticos y proyecciones y la definición de mecanismos para realizar las decisiones de tipo programable en forma automática.

FLUJO DE INFORMACIÓN, FUENTES DE DATOS Y DOCUMENTOS – FUENTE

Por su definición, podemos visualizar a la informática como parte vital del proceso administrativo en cualquier organización. La relación entre la informática y las organizaciones se debe a que la primera estudia los sistemas de información que se requieren en éstas. Dichos sistemas se encargan del manejo de los flujos de información que recorren todas las partes que conforman una organización. A su vez, estos flujos permiten ligar y coordinar las operaciones de los diferentes componentes de la organización y facilitan una adecuada comunicación y la unificación de ésta en una unidad integrada.

Al conceptuar la información como un flujo, estaremos en posición de afirmar que, para que se comporte como tal es necesario que existan puntos de alimentación que permitan operar al sistema; estos son conocidos como *fuentes de datos*.

Así una fuente de datos es la que alimenta directamente a un subsistema de los tantos que integran el sistema de información de una organización. Un ejemplo de fuente de datos es el tiempo de trabajo de los empleados en el sistema de nómina de una organización. Los pedidos son una fuente de datos del sistema de facturación y, en forma más amplia, del sistema de finanzas (véase fig. 2.5).

Ahora bien, a los documentos que registran datos a fin de alimentar un sistema de información se les llama *documentos-fuente*; es decir, un documento-fuente es el que contiene o registra los datos originales que entran al sistema de información.

Las fuentes de datos descritas como ejemplo necesitan de documentos-fuente para hacer operar un sistema de información. Así, para capturar la información del tiempo de entrada y salida de empleados podemos proponer una tarjeta de chequeo por reloj como documento-fuente. Para el sistema de ventas podemos considerar como documentos-fuente las facturas o las notas de venta. Un documento-fuente es un medio de alimentación para más de un sistema; esto depende de los datos que dicho documento contenga.

DIAGRAMAS DE FLUJO

Es de gran importancia la forma de describir un sistema de información, ya sea para el análisis y estudio de su estructura y funcionamiento, o para diseñar o definir un nuevo sistema.

Existen diversas técnicas y métodos para describir un sistema. Entre ellas se cuentan los diagramas de flujo, las tablas de decisiones, las matrices de interrelación y las gráficas; la que más se utiliza es la de los diagramas de flujo, que describiremos a continuación.

Los diagramas de flujo son una representación gráfica de la secuencia de operaciones y del flujo de información. Se componen de símbolos especiales que representan operaciones, documentos, datos, etcétera, y líneas o flechas que los interrelacionan. Considerando las múltiples aplicaciones que tienen los diagramas de flujo, se presentan con diversas modalidades y aun reciben nombres distintos como diagramas lógicos, diagramas de bloques y diagramas de procedimientos.

En la figura 2.6 se muestran los símbolos más usados en la elaboración de diagramas de flujo para sistemas de información. La utilización de estos símbolos estándar se recomienda ampliamente para facilitar la comprensión

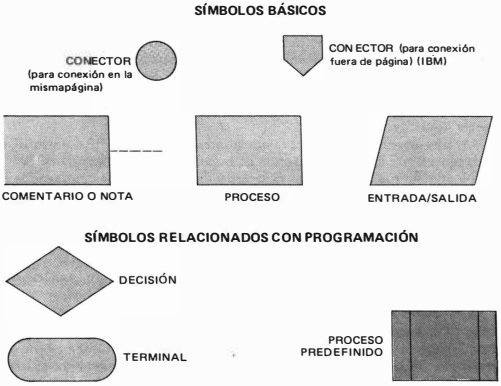


Figura 2.6. Símbolos más usuales en diagramas de flujo.

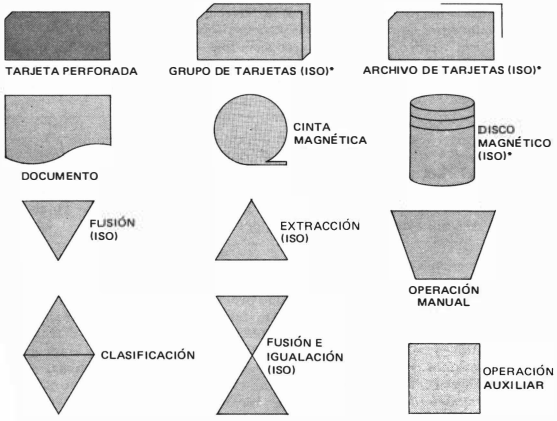


Figura 2.6. (*continuación*).

de los diagramas. También se recomienda seguir otras normas para elaborar los diagramas; por ejemplo: *a*) que el flujo principal vaya de la parte superior de la hoja hacia abajo, y de izquierda a derecha; *b*) usar la parte interna de los símbolos para escribir con el menor número posible de palabras; *c*) identificar claramente cada página e indicar, cuando menos, el proyecto, la fecha, el diagrama, el autor y el número de página; *d*) agrupar las líneas que entran y salen de cada símbolo para que los puntos de entrada y salida de cada símbolo sean el mínimo posible; *e*) usar conectores para evitar un número excesivo de líneas; *f*) evitar el cruce de líneas [29].

Se pueden distinguir tres niveles distintos de diagramas, según el grado de detalle que representan:

- Nivel de sistema. Presenta los diversos subsistemas y sus interrelaciones. Son útiles para identificar las partes que intervienen en el sistema y para conceptualizarlo en forma global.

- Nivel de procedimientos. Presenta el flujo de documentos, información y datos a través de los diversos procedimientos y operaciones. Amplifica el detalle de los diagramas del nivel anterior y facilita la comunicación entre las áreas directivas y las técnicas.
- Nivel técnico. Muestra la secuencia lógica del proceso interno que la computadora debe seguir para resolver un problema, o el procedimiento operativo detallado que debe seguirse. Especifica en detalle los componentes del nivel anterior.

Cada nivel resulta necesario en las diversas etapas del desarrollo de un sistema para distintos usuarios. Se recomienda partir del nivel general para llegar hasta el nivel más detallado.

Pueden identificarse diversos tipos de diagrama de flujo, dependiendo de las cuestiones específicas que se analicen y del uso que se pretenda dar al diagrama. Algunos ejemplos comunes de tipos de diagrama son:

a) Diagramas de datos y documentos, como el que se muestra en la figura 2.7 y que ejemplifica el proceso de la nómina de pagos de una organización. En ellos se presentan procedimientos.
b) Diagramas de información y de materiales, como el que se presenta en la figura 2.8. Nótese la clara diferencia entre los dos flujos. A través de diagramas de este tipo es posible destacar las interrelaciones entre los flujos de información y los elementos operativos del sistema.
c) Diagramas de programación, como el que se muestra en la figura 2.9 y que describe el detalle de un programa. Estos diagramas describen gráficamente el algoritmo de solución de un problema.
d) Diagramas de operación, como el de la figura 2.10 que describe la relación de archivos y programas para operar adecuadamente un equipo de cómputo.
e) Diagramas conceptuales como el de la figura 2.5 en donde se muestra la relación de diversos subsistemas para integrar un sistema total.

LA INFORMACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Los sistemas de información de cualquier organización deben estudiarse y modificarse constantemente. Por lo general, toda empresa tiene un "ciclo evolutivo" que afecta sus sistemas de información; por ello deben ser diseñados en forma elástica, teniendo en cuenta su crecimiento, la introducción de nuevos métodos y cambios menores y mayores.

Para tomar decisiones adecuadas y con altas probabilidades de éxito es necesario, además de un buen sistema, considerar los atributos y productos de la información estudiados en el capítulo 1. Los principales problemas que deben resolverse para desarrollar un buen sistema de información son:

1. Mal diseño de los reportes.
2. Repetición innecesaria de información.
3. Canales de comunicación inadecuados.
4. Circulación de datos innecesarios.
5. Métodos de proceso inadecuados.
6. Inexistencia de una cadena de información desde la base hasta los niveles más altos.

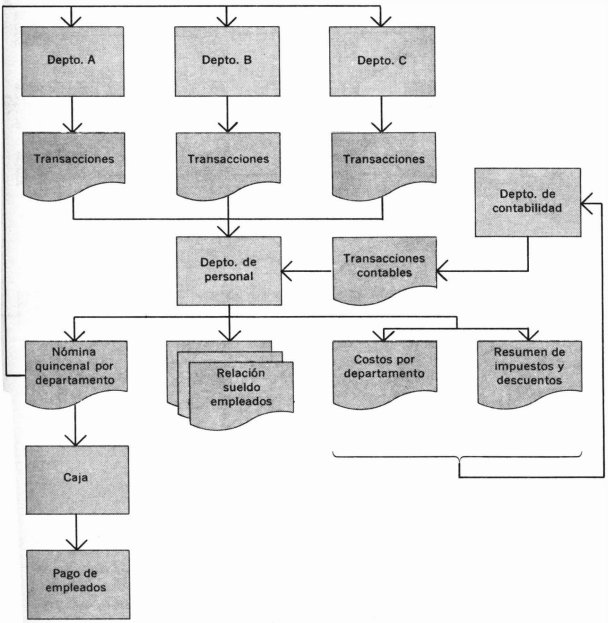


Figura 2.7. Diagrama de datos y documentos.

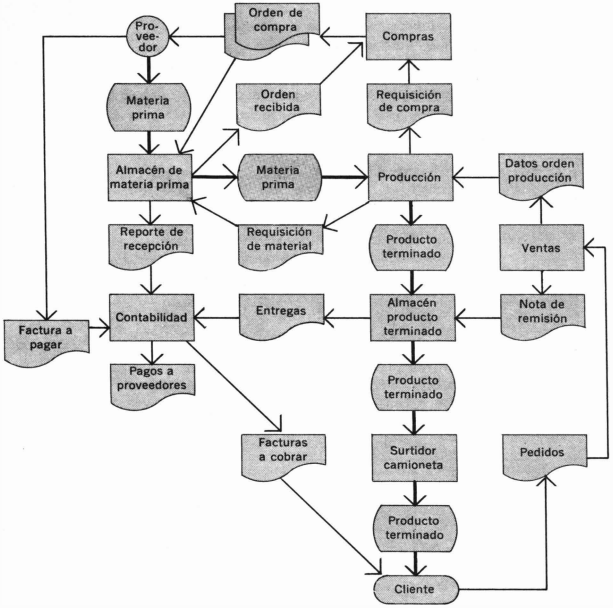


Figura 2.8. Diagrama de flujo de información y de materiales.

Un axioma en la administración es que nunca se posee toda la información para cubrir todas las facetas y contingencias de la toma de una decisión. Sin embargo, mientras más sea la información para tomar una decisión, más probabilidades habrá de que sea correcta la selección realizada. Ahora bien, en forma práctica las organizaciones deben definir a priori sus necesidades de in-

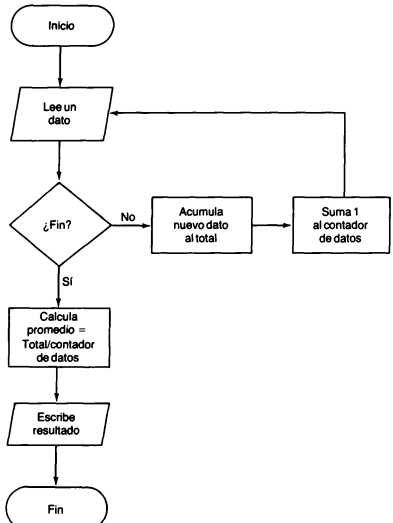


Figura 2.9. Diagrama de flujo de un programa para calcular el promedio de una serie de números.

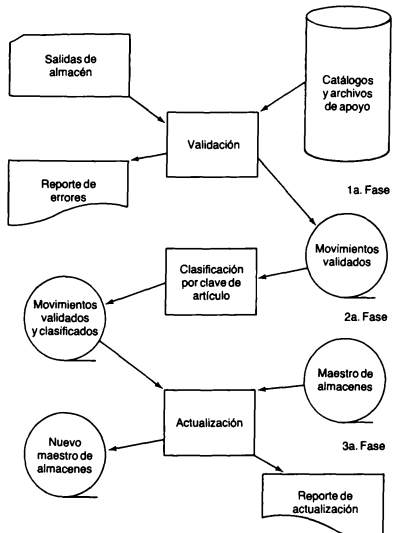


Figura 2.10. Diagrama de operación.

formación para la toma de decisiones; estas necesidades pueden ser clasificadas en:

a) ambientales
b) competitivas
c) internas

Las ambientales incluyen los datos que se refieren a los aspectos económicos, sociales o políticos del medio en el cual la empresa debe operar.

Las necesidades competitivas se relacionan con el funcionamiento pasado y actual del sector económico en el que opera la organización incluyendo la situación de la organización en el mercado, el rendimiento de la inversión, los nuevos productos que pueden ser introducidos, las pautas de mercadotecnia que deban seguirse, las nuevas instalaciones y el desarrollo de las firmas competitivas.

Las necesidades internas abarcan, entre otras, identificación de los puntos fuertes y débiles de la empresa, la inclusión de datos sobre los costos, el grado de productividad y los recursos humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ackoff, R. L., *Scientific Method*, J. Wiley & Sons, Nueva York, 1962.
[2] Ackoff, R. L., *Un concepto de planeación de empresas*, Limusa, México, 1974.
[3] Ackoff, R. L. y Emery, F. E., *On Purposeful Systems*, Aldine-Atherton, Chicago, 1972.
[4] Anthony, R. N., *Sistemas de planeamiento y control*, El Ateneo, BuenosAires, 1974.
[5] Arnold, R. R., Hill, H. C., *et al.*, *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.
[6] Beer, S., *Platform for Change*, J. Wiley & Sons, Londres, 1975.
[7] Beer, S., *Brain of the Firm*, J. Wiley, Chichester, 1981.
[8] Bingham, J. E. y Davies, G. W. P., *A Handbook of Systems Analysis*, The Macmillan Press, Londres, 1978.
[9] Blanco Illescas, F., *El control integrado de gestión*, Limusa, México, 1976.
[10] Brabb, G. J., *Computadoras y sistemas de información en los negocios*, Interamericana, México, 1978.
[11] Burch, J. G. y Strater, F. R., *Information Systems*, Hamilton Publishing Co., California, 1974.
[12] Clark, F. J., Gale, R., et al., *Procedimientos informáticos en sistemas empresariales*, Prentice-Hall, Bogotá, 1973.
[13] Couffignal, Louis, *La cibernética en la enseñanza*, Grijalbo S. A., México, Colección Dina, 1968.
[14] Emery, F. F. (Dir.), *Systems Thinking*, Penguin Bookc Ltd., Middlesex, Reino Unido, 1969.
[15] Gall, J., *Systemantics*, Quadriangle, Nueva York, 1975.
[16] Greenwood, W. T., *Decision Theory And Information Sistems*, South Western Publ., Cincinnati, Ohio, 1969.
[17] Hartman, W., Matthes, H., et al., *Management Informations Systems Handbook*, Mcgraw Hill, Nueva York, 1972.
[18] I. B. I., *Introducción a la informática*, Serie Marrón DGI-01, I. B. I., Roma, agosto, 1975.

[19] Kaufmann, A., *Los cuadros y la revolución informática*, Editorial Hispano-Europea, Barcelona, 1970.
[20] Lamberton, D. (Dir.), *Economics of Information and Knowledge*, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[21] Langefors, B. y Samuelson, K., *Information and Data in Systems*, Petrocelli, Nueva York, 1976.
[22] Lazzaro, V., *Sistemas y procedimientos*, Diana, México, 1965.
[23] Martino, R. L., *Sistemas de información para directivos de empresas*, Editorial Técnica, México, 1970.
[24] Martzloff, C., *El ordenador rentable*, Editorial Técnicos Asociados, Barcelona, 1976.
[25] Mc Donough, A., *Information, Economics and Management Systems*, Mc Graw Hill, Nueva York, 1963.
[26] Mc Donough, A. y Garret, L. J., *Management Systems*, R. D. Irwin Inc., Illinois, 1965.
[27] Mc Rae, T. W. (Dir.), *Mangement Information Systems*, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[28] Molino, E., "Sistemas informaticos: lineamientos conceptuales para su diseño", *Revista Informática*, núm. 43, septiembre 1979.
[29] Mora J. L., "Informática en la sociedad contemporánea", *Revista informática*, núm. 51, junio, 1980.
[30] Murdick, R. G. y Ross, J. E., *Introduction to Management Information Systems*, Prentice-Hall Inc, New Jersey, 1977.
[31] Pilorge, R., *Comprendre L'informatique*, J. Delmas et cie, París, 1969.
[32] Pozo Navarro, F., *La dirección por sistemas*, Limusa, México, 1976.
[33] Prince, T. R., *Information Systems for Management Planning and Control*, R. D. Irwin Inc., Illinois, 1970.
[34] Rappaport, A. (Dir.), *Information for Decision Making*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1975.
[35] Sanders, D. H., *Computers And Management*, Mc Graw Hill, Nueva York, 1970.
[36] Schoderbek, P. P., *Management Systems*, J. Wiley, Nueva York, 1967.
[37] Shannon, C. E. y Weaver, W., *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Illinois, 1949.
[38] Simon, H., "A Framework for Decision Making", Memorias, *Symp. on decision Theory* Athens, Ohio, University, 1963.
[39] Simon, H., *The Sciences Of The Artificial*, The M. I. T. Press, Massachusetts, 1969.
[40] Squire, E., *Introducing Systems Design*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1980.
[41] Wiener, N., *Cybernetics*, The M. I. T. Press, Massachusetts, 2ª ed, 1961.

3

Antecedentes históricos de los mecanismos de proceso

PRECURSORES

Desde épocas remotas el hombre ha tenido la necesidad de procesar datos [20], y en un principio lo hizo de manera muy rudimentaria. La falta de elementos que le permitieran realizar los procedimientos para hacer cálculos, lo obligaban a operar mentalmente en la mayoría de los casos. Cuando las sumas eran sencillas, el proceso de contar lo efectuaba con ayuda de los dedos; para resolver las operaciones complicadas hacía abstracciones que no pocas veces resultaban fuera de la realidad.

El desarrollo de estructuras de proceso y de una simbología digital da inicio al proceso mecanizado de datos. Por una parte, se inventaron símbolos que representan cantidades finitas; dichas cantidades se manejan y se modifican mediante procesos aritméticos para identificar ciertos elementos. Por otra parte, se desarrollaron mecanismos que permiten realizar operaciones con base en un sistema numérico [11, 15, 34].

La solución de casos de carácter cuantitativo motivó que se establecieran diversos métodos y sistemas; éstos auxiliaban al hombre para enfrentar los problemas matemáticos que él mismo se planteaba. Desarrolló sistemas abstractos tales como los números y recurrió a elementos de ayuda como tablas, papel, etcétera. El manejo conjunto de los sistemas numéricos y los medios de proceso permitieron al hombre resolver problemas matemáticos cada vez más elaborados.

A medida que se fue incrementando la complejidad de los problemas fue necesario inventar mejores sistemas y otros medios de proceso que permitieran resolverlos.

Para contar, el hombre estaba limitado en un principio al número de sus dedos. Superó esto cuando fue capaz de usar otros medios, como cuentas, granos u objetos similares.

Mecanismos de proceso

Una vez que el hombre inventó una forma de contar, o sea que determinó un sistema numérico para realizar sus cálculos, empezó a utilizar mecanismos que lo auxiliaban en la ejecución de dichas operaciones.

A través del tiempo se han ido inventando varios métodos para realizar *cálculos* con los dedos. En las escuelas de la Roma antigua se enseñaban métodos para resolver operaciones complicadas. Por ejemplo, para multiplicar 8 X 7 se levantaban tres dedos de una mano, cada uno representaba al 6, al 7 y al 8, y dos de la otra, que representaban al 6 y al 7; es decir, a los números mayores de cinco. La multiplicación se realizaba como sigue: la suma de los dedos levantados (5) determinaba las decenas y el producto de los dedos no levantados (6) determinaba las unidades y el producto obtenido era: 56.

Con el uso de un marcador y un objeto sobre el cual anotar, el hombre desarrolló otros métodos que la auxiliaron en sus cálculos; por ejemplo:

El método del perezoso. Este método era muy parecido al de los romanos, descrito anteriormente. Por ejemplo, la misma multiplicación 8 X 7 se realizaba de la siguiente manera: los números 8 y 7 se anotaban tal como se muestra en la figura 3.1; opuesta a estos dos dígitos, se escribía la diferencia de tales números con respecto a 10. El producto se obtenía de la siguiente manera: las decenas era la diferencia de dos números cruzados, 8-3 ó 7-2, o sea, 5. Las unidades eran el producto de la multiplicación de los valores de la derecha 3 X 2 = 6. Por lo tanto, el producto total resultaba 56.

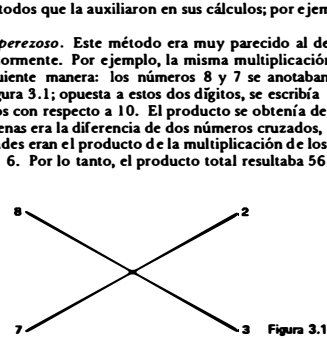


Figura 3.1

El método del emparrillado [5]. Permitía la multiplicación de números de varios dígitos. En la parte superior de un emparrillado se colocaban los números de una cifra y en un lado del emparrillado los números de la cifra por multiplicar. Supongamos que se desea multiplicar 324 X 146 (fig. 3.2).

Los tres cuadros superiores contienen el producto de 324 X 1; los tres de en medio, el producto de 324 X 4 y los tres inferiores el producto de 324 X 6. Obsérvese que cada cuadro está dividido por mitades; la mitad inferior contiene las unidades y la superior las decenas que resultan de la multiplicación de dos dígitos. Por ejemplo, en el cuadro de la extrema derecha de la tercera línea se muestra la multiplicación de 6 X 4 = 24; ahí, el número 2 se coloca

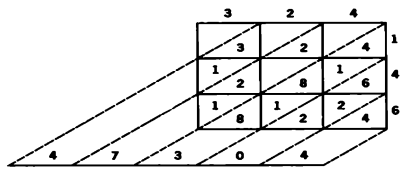


Figura 3.2

en la parte superior del casillero y el 4 en la parte inferior. Así, el producto de la multiplicación se obtiene mediante una suma en diagonal.

Con el uso de elementos tales como cuentas y tablas se fueron desarrollando otros mecanismos de proceso. El hombre ideó formas que le permitían, por medio de cuentas engarzadas en alambre o hilo o colocadas sobre ranuras en tablas de madera, realizar operaciones matemáticas en una forma más rápida y eficaz. Uno de los primeros de este tipo se inventó en China miles de años atrás y se le dió el nombre de *suanpang*. En Rusia se inventó el *stochis* y en Grecia el *abalorios*, que dio origen a su vez al ábaco romano.

Las operaciones en el ábaco se ejecutan manualmente. Cuando se llega a adquirir destreza, la velocidad a la que se realizan las operaciones resulta extraordinaria aún en la actualidad, teniendo en cuenta que se trata de una actividad manual. El ábaco típico tiene hileras horizontales con 10 cuentas cada una; puede poseer tantas hileras como requieran los procesos que se van a llevar a cabo. La primera hilera, la superior, representa a las unidades, la segunda a las decenas, la tercera a las centenas, y así sucesivamente.

En la figura 3.3*a* observamos un ábaco en el que se representa el número 791. Si a este número deseamos sumarle 867 debemos proceder de la siguiente manera: a la unidad anotada le incorporamos siete más, o sea, desplazamos hacia la derecha 7 cuentas; después sumamos seis más a las decenas. En este caso, como no alcanza el número de cuentas, ya que solamente nos queda una del lado izquierdo para poder desplazarla hacia la derecha, tomamos el complemento de 10 del número por sumar, o sea 4; desplazamos este número de cuentas de la segunda hilera de derecha a izquierda y agregamos una de la tercera hilera de izquierda a derecha. Esta operación equivale a decir 9 + 6 = 5 y se lleva 1. Posteriormente, incorporamos 8 cuentas en la hilera de las centenas con el mismo procedimiento señalado anteriormente. En las figuras 3.3*a* y 3.3*b* se muestra el ábaco con el resultado de la suma 791 + 867 = 1 658. La resta se realiza mediante un proceso inverso; la multiplicación mediante sumas progresivas, y la división mediante restas repetidas. Por ejemplo, si se desea multiplicar 25 X 12, se suma el 25 dos veces y posteriormente 250 una vez.

Durante mucho tiempo se detuvo el desarrollo de los mecanismos de pro-

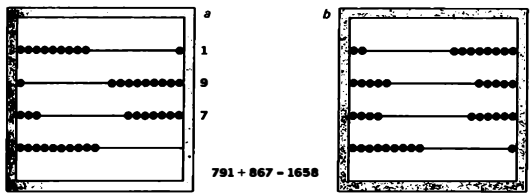


Figura 3.3

ceso. No fue sino hasta principios del siglo XVII cuando la introducción de nuevos métodos matemáticos dio lugar a la aparición de nuevos instrumentos que auxiliaron al hombre en el cálculo.

John Napier (1550-1617) inventó en 1583 los "huesos o rodillos Napier". Con este mecanismo era posible multiplicar y dividir; la multiplicación se llevaba a cabo de dos en dos dígitos y los resultados intermedios se anotaban o memorizaban. Debido a sus limitaciones, este dispositivo dejó de usarse poco tiempo después de su invención.

Pascal (1623-1662) inventó una sumadora cuando tenía 20 años de edad. Estaba constituida por ruedas dentadas que avanzaban, por cada unidad, una décima de su circunferencia.[1] A pesar de que la máquina de Pascal tenía como base el sistema del ábaco, su proceso era mucho más sencillo que el de éste. Por ejemplo, para sumar 9 + 9 en el ábaco, no tenemos suficientes cuentas para representar el número 18. Es necesario realizar operaciones complementarias: hacer volver una de las nueve cuentas hacia la izquierda en la hilera de unidades y desplazar una en la de decenas. En la máquina de Pascal (fig. 3.4) todo esto se realiza en forma automática. A esta sumadora se le considera la primera máquina de cálculo construida por el hombre.

Samuel Morland (1625-1695) inventó un aparato de calcular, llamado *aritmómetro*, que consiste en una serie de 8 ruedas dentadas que giran alrededor de su eje. Esta máquina era una modificación de la de Pascal. El aritmómetro de Morland tuvo serios inconvenientes, entre los que se señala su imperfección en el sistema de engranes que le restaba precisión y ocasionaba frecuentes equivocaciones.

G. Wilhelm von Leibniz (1646-1716) construyó una máquina de multiplicar. Tomando la idea de Pascal logró multiplicar con sumas progresivas. La máquina tenía 2 contadores: uno ejecutaba las sumas y el otro indicaba cuándo debía detenerse el proceso de una suma; la división se realizaba como

[1] Algunos años antes que Pascal inventara su sumadora, un relojero renano llamado Schikard había inventado otra. No obstante, el invento de este último no salió a la luz tal como sucedió con la máquina de Pascal. No existe demérito del invento de éste, pues no conocía el aparato de Schikard [27].

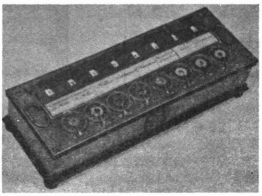


Figura 3.4. Máquina de Pascal.

una operación inversa de la multiplicación, y la resta como la suma de complementos. Por ejemplo, si se deseaba restar 93-12, se sumaba 93-88 (88 es complemento a 100 de 12) cuyo resultado es 181. La máquina descontaba 100 automáticamente y daba el resultado 81. Leibniz construyó esta máquina cuendo tenía 25 años de edad; ésta se fabricó industrialmente hasta 1694. A pesar del avance en el mecanismo llegó a ser poco segura en sus operaciones.

EVOLUCIÓN EN EL SIGLO XIX Y EN LOS COMIENZOS DEL XX

En el siglo XIX se registran avances sorprendentes dentro del campo de proceso de datos. Empieza el desarrollo de modos más precisos; la habilidad manual se sustituye con mecanismos de proceso. Por lo que respecta al proceso de datos, la importancia radica en que ciertas funciones que antaño ejecutaba el intelecto empiezan a ser realizadas por máquinas. El hombre necesitaba, antes de que Pascal y Leibniz inventaran sus respectivas máquinas, la ayuda de lápiz y papel para realizar operaciones artiméticas de suma, resta, multiplicación y división.

Nuevos adelantos en las ciencias físicas y el desarrollo tecnológico en un sistema de gran desarrollo industrial permiten la creacción de nuevos mecanismos de proceso que facilitan al hombre delegar funciones manuales e intelectuales a las máquinas.

En 1801, Joseph Marie Jacquard construyó una máquina para tejer complicados diseños en telas. Esta máquina funcionaba con tarjetas perforadas que contenían información acerca del camino que debían seguir los hilos para lograr un diseño determinado en la tela. Esta y otras ideas influyeron en el desarrollo de los sistemas de proceso de datos que manejamos actualmente [12]. La idea de Jacquard tuvo grandes repercusiones. En 1890, Herman Hollerith [5] realizó experimentos con tarjetas perforadas, esperando lograr una máquina que hiciera rápidamente el proceso estadístico de datos. Una

vez construida su máquina, el doctor Hollerith se dio a la tarea de procesar los datos del censo que se llevó a cabo en Estados Unidos en 1890. Mientras que en el de 1880 se requirieron siete años y medio para procesar los datos de una población de 50 millones de habitantes, Hollerith invirtió, dos años y medio en el censo de 1890 para procesar los datos de un conglomerado de 63 millones de habitantes. Se valió de un sistema basado en registros únicos en tarjetas; cada una medía 9.62 por 12.70 cm y contenía datos en forma de perforaciones; éstas servían para realizar el proceso en una máquina que las clasificaba de acuerdo con la posición que guardaban dentro de la misma tarjeta.

En el campo de procesos numéricos, Carlos Xavier Thomas [16] fabricó una máquina de máxima precisión que permitía realizar las cuatro funciones artméticas fundamentales y que llegó a facilitar el desarrollo de las calculadoras que se produjeron posteriormente.

En 1872, Frank Stephen Baldwin, de Estados Unidos, realiza cambios en la máquina de Thomas. La máquina de Baldwin es la pionera en la industria de calculadoras de ese país.

Charles P. Babbage [12], inventa hacia 1870 una máquina capaz de realizar operaciones aritméticas (véase fig. 3.5) y, lo que es sorprendente, lógicas. Con ello se da un paso sorprendente en el campo del proceso automático de datos. A través de la máquina de Babbage se toman decisiones lógicas de

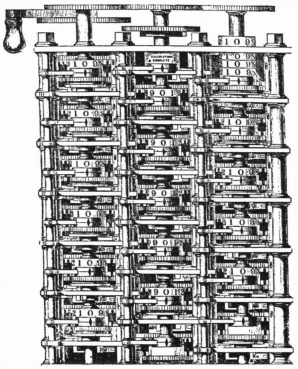


Figura 3.5. Máquina de Babbage; primera calculadora mecánica.

acuerdo con los resultados que se han obtenido de los procesos aritméticos. Lo significativo de ella es que establece los conceptos básicos de la computadora electrónica. El procesador de Babbge tiene la peculiaridad de poder realizar, con un programa, todo un proceso lógico-aritmético que sustituye al hombre en otra de sus funciones intelectuales: tomar decisiones lógicas.

Las ideas de Babbage resultaron muy avanzadas para su tiempo y su máquina no fue terminada, debido quizá a lo complicado de su diseño. Sólo hasta la aparición de fuentes de energía eléctrica y dispositivos electrónicos fue posible revivir la idea de Babbage [32].

El desarrollo y mejoramiento de las máquinas calculadoras fue el punto significativo a fines del siglo XIX y principios del XX. En este periodo cumplen un papel muy destacado las máquinas calculadoras y registradoras accionadas mediante teclas. Dichas máquinas marcaron un avance importante en el proceso de datos.

En 1879, James Ritty [23] inventa, con la colaboración de su hermano, la primera registradora. Aunque realizaba un buen control de operaciones comerciales, la máquina era poco segura. Es el mismo Ritty quien consigue construir en 1882 la primera registradora práctica, que perforaba en el rollo de papel tantas columnas como teclas poseía. Al accionar una tecla, se hacía una perforación en el rollo; para conocer el total del dinero que había entrado a la caja, se extraía el papel de la máquina, se multiplicaba el número de perforaciones de una columna por la unidad que representaban; posteriormente se sumaban los productos para obtener los totales. Ritty nunca logró un totalizador propiamente dicho, pero al evolucionar su invento se llegó a los totalizadores y a la protección de documentos.

W. S. Burroughs [22] exhibe públicamente, en 1884, su primera máquina sumadora impresora accionada por teclas, diseñada para realizar trabajos de contabilidad. El principio básico de la máquina de Burroughs fue el pivote de traba. Burroughs patenta su máquina en 1888 y, un año más tarde, comienza a ser explotada comercialmente.

En 1887, Dorr Eugene Felt [23] diseñó una máquina calculadora a la que llamó *comptómetro*. Hoy día, varias compañías fabricantes de calculadoras producen, con amplias modificaciones, la máquina de Felt.

Jay Monroe y Baldwin [22] construyen una máquina calculadora de teclado en 1912. Esta es resultado de la evolución de otras calculadoras creadas en años anteriores. Monroe idea mejores mecanismos de acción. La calculadora Monroe llegó a ser muy apreciada en el mercado por su precisión y calidad.

Las máquinas de contabilidad aparecen alrededor de 1920; se caracterizaban por su capacidad para realizar funciones tales como registrar, calcular y resumir. En tal categoría se incluyen facturadoras, máquinas de nóminas y contabilizadoras (véanse figs. 3.6 y 3.7).

Figura 3.6. Máquina de contabilidad, facturadora. (Cortesía de NCR de México, S. A. de C. V.)

Figura 3.7. Caja registradora. (Cortesía de NCR de México, S. A. de C. V.)

DESARROLLO A PARTIR DE 1920

Aunque se maneja mediante un programa, la máquina de Babbage en realidad no es una computadora. Dicho programa es preestablecido y no puede modificarse durante el proceso.

J. von Neuman [25] propuso, en 1945, un modelo conceptual que sirvió como orientación en muchas de las máquinas comerciales producidas en la década de los cincuenta. Entre otros aspectos, proponía que los programas se almacenaran y trataran del mismo modo que los datos, estableciendo así la idea del programa almacenado, que dio flexibilidad a los equipos de cómputo.

Turing (1910) amplía el concepto de programa almacenado y desarrolla las pruebas que permiten demostrar la posibilidad de realizar cualquier operación matemática utilizando este concepto. Para ello diseña una máquina teórica que puede actuar tanto en las instrucciones que rigen las operaciones como sobre los datos mismos [14]. Así, dice Marc Font, "El programa deja de ser la proyección un tanto perturbadora del pensamiento que conserva una esencia superior, para convertirse en una información como cualquier otra, susceptible de ser manejada, calculada y modificada" [12]. La máquina de Turing (véase fig. 3.8) puede recordar lo que se ha hecho anteriormente y cambiar el curso de las operaciones de acuerdo con el resultado de las anteriores. Podemos concluir diciendo que tal calculadora es una máquina evolutiva.

En 1937, en la universidad de Iowa, el doctor J. V. Atanasoff [13] concibe la idea para desarrollar una máquina electrónica de cómputo con base en bulbos de vacío. Para ello desarrolló los conceptos de memorias regenerativas y algunos aspectos de la teoría de los circuitos lógicos. Su concepción incluía el uso de números binarios y los cálculos en serie. En 1939, con un subsidio de 650 dólares, Atanasoff y su asistente, C. Berry, tenían el prototipo de una máquina de cómputo en el laboratorio. A esta máquina se le llamó ABC (Atanasoff-Berry Computer). En 1942, Atanasoff concluyó las pruebas de una nueva unidad aritmética, pero desafortunadamente no se continuó con el desarrollo comercial de esta máquina.

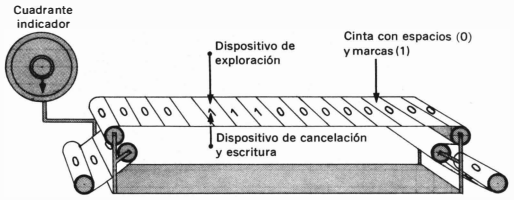


Figura 3.8. Máquina de Turing.

Aparición de las computadoras

Primera generación

La primera computadora puesta en condiciones de funcionamiento fue realizada por el alemán Knorad Zuse, en 1941, en Berlín. Primero fue la Z3 y después la Z4. Eran máquinas electromecánicas, perfectamente comparables a las que seguidamente realizaron IBM y la Universidad de Harvard en Estados Unidos en 1944. La Z3 era incluso más rápida que el aparato IBM, puesto que su operación de base requería de 0.43 segundos, mientras que la máquina IBM necesitaba 5 segundos [6, 29].

El Dr. A. Aiken desarrolla por otra parte, a principios de los años 40, en la Universidad de Harvard y con apoyo de IBM, otros proyectos para el diseño de un equipo de cómputo.

En 1945, P. Ecket y J. W. Manchly concluyen, en la Universidad de Pensilvania [17], la ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*) que llega a constituirse en la primera máquina computadora totalmente electrónica; fue diseñada para resolver problemas matemáticos en el área náutica. Esta limitación era una desventaja, y cambiar su programación resultaba lento y susceptible de una alta probabilidad de error (véase fig. 3.9).

El doctor J. von Newman fue el precursor de las computadoras modernas y describió una filosofía básica del diseño de estos aparatos. Su filosofía sirvió de base para construir las primeras computadoras.

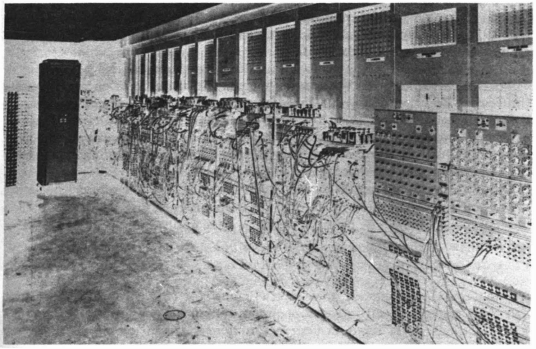


Figura 3.9. Computadora ENIAC.

En la Moore School of Electrical Engineering y con base en los estudios de von Newman se construye la EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer* [8]. Esta computadora y la ENIAC se utilizaron en Aberdeen, Estados Unidos para resolver problemas náuticos. Sin embargo, la EDVAC llegó a constituirse en la primera computadora usada para fines prácticos. Posteriormente, se diseñan y construyen otras máquinas de esta primera generación. Su construcción se basó en bulbos y circuitos alambrados; su tamaño era casi cinco veces más grande que el de las computadoras actuales. A pesar de que eran poco flexibles y requerían controles muy estrictos de voltaje y aire acondicionado, estas máquinas, comparadas con las electromecánicas, tenían enormes ventajas. La velocidad de proceso era mucho mayor y la posibilidad de error en el manejo de información se reducía notablemente.

En 1949 en Cambridge, Inglaterra, se construye la EDSAC (*Electronic Delayed Storage Automatic Computer*) [9]. Esta fue la primera computadora de programación interna desarrollada en Europa. Entre 1949 y finales de 1950 se construye la ACE en los talleres de National Physical Laboratory de Londres. En 1951 sale al mercado la computadora UNIVAC. Una de éstas se usa en el censo de 1950 en Estados Unidos. Se dice que esta máquina estuvo operando 24 horas diarias durante 12 años. A esta computadora, que se produjo en serie, se le considera la primera de tipo comercial.

Desde mediados de este siglo a la fecha, el crecimiento de la industria de las computadoras sólo es comparable con el de la automotriz. A principios de los ochenta la producción de computadoras ocupaba el tercer lugar entre las ramas industriales, precedida solamente por las de petróleo y automóviles. Se considera que en 1965 había alrededor de 100 000 computadoras en el mundo y que en 50 años más habrá una computadora por cada cien habitantes [19]. En México, el desarrollo en este campo también ha sido vertiginoso, como se muestra en la figura 3.10.

La primera generación de computadoras se caracterizaba por el uso de válvulas electrónicas; sus velocidades de proceso se medían en milisegundos (milésimas de segundo) y sus circuitos eran semejantes a los empleados entonces en la construcción de aparatos de radio. Comparadas con las máquinas computadoras actuales, aquéllas eran lentas, de gran tamaño, inflexible y, además, requerían controles muy estrictos en cuanto al suministro de energía eléctrica y aire acondicionado. Por otra parte, comparadas con los equipos electromecánicos representaban enormes ventajas. Cuando era necesario procesar un gran volumen de datos en periodos cortos, superaban en rapidez a cualquier otro equipo de proceso de datos de la época.

Segunda generación

La segunda generación nace con el transistor (1958), que viene a sustituir a las válvulas electrónicas con que contaban las máquinas de la primera. Las máquinas de la segunda generación tienen dimensiones más reducidas que las de la primera; sus velocidades de proceso se miden en microsegundos (millonésimas de segundo) y sus circuitos son menos complicados. Las me-

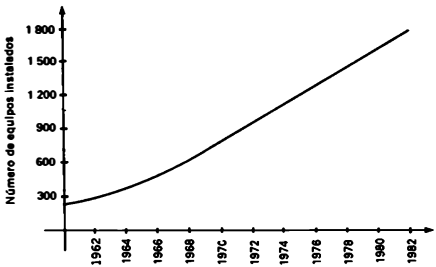


Figura 3.10. Gráfica que muestra el crecimiento en cuanto a número de equipo de proceso de datos instalados en México de 1962 a la fecha (Dato tomado de índices compendiados por la S. P. P.).

morias de los procesadores de la segunda generación son de ferrita, lo cual permite reducir el tamaño de la máquina, pero aumenta su rapidez y complejidad [27].

Junto con estas computadoras se desarrollan almacenamientos secundarios con grandes capacidades, impresoras de alta velocidad y, en general, dispositivos de entrada y salida de altas velocidades de trasmisión. Surgen conjuntamente, en el aspecto de *soporte*[2] técnicas matemáticas enfocadas a la resolución de problemas a través del uso de la computadora. Se innovan los métodos para recuperación de información y, lo más importante, surge una ciencia denominada *ciencia de la computación* [33].

Las computadoras de la segunda generación tienen una gran demanda a partir de 1962, pero ésta se viene abajo por la aparición de la tercera generación, que irrumpe a mediados de la década de los sesenta.

Tercera generación

La base de la computadora de la tercera generación es el circuito integrado y el microcircuito. Esta máquina es de dimensiones incluso menores que la de la segunda generación; su velocidad de proceso se mide en nanosegundos [24]. Uno de los grandes avances de esta computadora radica en las *entradas* y *salidas*; se desarrollan dispositivos periféricos más efectivos, unidades de almacenamiento secundario de gran volumen con amplias facilidades de ac-

[2] Este término es una traducción de la palabra inglesa *software*, la cual no tiene un equivalente exacto en español.

ceso. Nuevos mecanismos de acoplamiento electrónico permiten el uso de terminales remotas que operan la computadora como si se estuviese en el sitio mismo en que se encuentra la terminal. Es posible adaptar nuevas técnicas de soporte. Se producen modelos de uso fácil aplicados a varias ciencias y disciplinas. Esta computadora electrónica de la tercera generación permite un flujo de la información más efectivo en las organizaciones, tanto, que es posible consultar información al instante desde lugares remotos, y puede efectuarse la actualización de cuentas corrientes al momento mismo que un cliente realice una transacción.

Paralelamente a las máquinas de la tercera generación se desarrollan extensos sistemas de soporte que permiten al hombre acercarse con menos complicaciones a la computadora para llevar a cabo procesos y operaciones a través de éstos [1].

Es posible compartir el tiempo disponible de la computadora entre varias personas, de tal manera que cada una de ellas realice sus procesos y sienta que es la única que está usando el equipo de cómputo. Con la aparición de los equipos de esta generación se han introducido nuevas técnicas de organización de archivos y de recuperación de información. Es posible tener, en un momento dado, varios programas procesándose en una misma computadora; se pueden realizar conexiones entre los procesadores a fin de tener un mejor control de los procesos que se llevan a cabo. Se han realizado adaptaciones de dispositivos de medición a estas máquinas con lo que se logra controlar procesos industriales, realizar análisis clínicos, etcétera. [4, 25].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Abrams, P. y Corvine, W., *Elementos de proceso de datos*, CECSA, México, 1970.
[2] Anderson, A., (Dir.), *Mentes y máquinas*, U.N.A.M., México, 1970.
[3] Anónimo, *Máquina calculadora de Leibnitz*, Nonotza, núm. 3, pág. 30, 1975.
[4] Arnold, R. R., Hill, H. C., *et al.*, *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.
[5] Awad, E. M., *Proceso de datos en los negocios*, Editorial Diana, México, 1970.
[6] Bauer, F. L. y Wossner, H., *The Plankalkul of Konrad Zuse*, Comm. of the A.C.M., vol. 15, núm. 7, 1972, pág. 678.
[7] Burck, G., *et al.*, *La era de la computadora*, Editorial Diana, México, 1969.
[8] Davis, G. B., *Principios de procesamiento de datos*, Editorial Trillas, México, 1983.
[9] Davis, W., *El siglo de la ciencia*, Editorial Diana, México, 1966.
[10] Ershov, A. P., *A History of Computing in the U.S.S.R.*, Datamation, 1975, pág. 80.
[11] Flores G., L., *El conocimiento matemático entre los mayas prehispánicos*, Museo Nacional de Antropología, México, Antropología/Matemática, vol. 34, 1976.
[12] Font, J.-M. y Quiniou, J.-C., *Las computadoras: mitos y realidades*, Editorial Tiempor Nuevo, Caracas, 1970.
[13] Gardner, W. D., *The Independent Inventor*, Datamation, 1982, pág. 12.
[14] Gleiser, M., *La Curieuse Existence D'Alan Turing*, L'Informatique Nouvelle, 1977, pág. 5.
[15] Harvey, H. R. y Williams, B. J., *La aritmética azteca, ciencia y desarrollo*, VII, núm. 38, 1981, pág. 22.
[16] Heath, F. F., "Origins of the Binary Code", *Scientific American*, vol. 227, núm. 2, 1972, pág. 76.

[17] Hollingdale, S. H. y Tootil, G. C., *Computadores electrónicos*, Alianza Editorial, Madrid, 1972.
[18] Jramoi, A. V., et al., *Introducción e historia de la cibernética*, Editorial Grijalbo, México, 1969.
[19] Kahn, H. y Wiener, A. J., *The Year 2000*, The MacMillan Co., Nueva York, 1967.
[20] Knuth, D. E., *Ancient Babylonian Algorithms*, Comm. of the A.C.M., vol. 15, núm. 7, pág. 671.
[21] Malik, R., *La IBM por dentro*, Editorial Grijalbo, Barcelona, 1978.
[22] Méndez Arnil, Francisco, *Historia de los mecanismos de proceso de datos*, Tesis, Facultad de Contaduría y Administración, U.N.A.M., México, 1970.
[23] N. C. R., *Compendio histórico de las máquinas calculadoras*, N.C.R., S/F.
[24] Perret, R., *Les Minicalculateurs*, La Recherche, vol. B., núm. 82, 1977, pág. 851.
[25] Pylyshyn, Z. W., (Director), *Perspectivas de la revolución de los computadores*, Alianza Editorial, Madrid, 1975.
[26] Sammet, J. E., *Programming Languages History and Fundamentals*, Prentice-Hall, New Jersey, 1969.
[27] Schmidt, R. N. y Meyers, W. E., *Introduction to Computer Science and Data Processing*, Holt-Rinehart-Winston, Nueva York, 1970.
[28] Scientific American, *Information*, W. H. Freeman & Co., California, 1966.
[29] Servan-Schreiber, J. J., *El desafío americano*, Plaza & Janes, Barcelona, 1971.
[30] Singh, J., *Teoria Dell'Informazione*, A. Mondadori, Milán, 1969.
[31] Ulam, S. M., "Computers", *Scientific American*, 1964.
[32] Varios Autores, *CBI Newsletter*, The Charles Babbage Institute, varios números.
[33] Withington, F. G., *Evolución y perspectivas de los sistemas de computación*, Biblioteca Harvard de Administración, vol. 129, 1974.
[34] Yasaki, E. K., *Fragments of Computer History*, Datamation, vol. 22, núm. 9, 1976, pág. 131.

4

Mecanismos y medios de proceso

FUNCIONES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

Toda información manejada en cualquier tipo de sistema pasa a través de una *entrada*, un *proceso* y una *salida*. Además, en cada una de estas etapas puede requerirse una trasmisión de los datos entre diversas partes del sistema [17]. También se necesita una función de apoyo para el almacenamiento de los datos en casi todos los casos. En la figura 4.1 se muestra el esquema de un sistema de información típico.

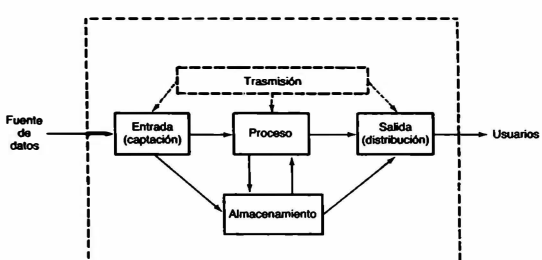


Figura 4.1. Sistema de información típico.

Entrada. La función de entrada de datos tiene como objetivo alimentar al sistema de información con los datos requeridos para obtener la información que debe generar el sistema [23]. La función de entrada también puede denominarse de *captación* ya que es la que permite obtener o captar los datos.

La función de captación tiene cuatro actividades fundamentales: *detección de las fuentes de datos, recolección de los documentos, conversión de los datos y validación de los mismos.*

La *detección* y/o definición de las fuentes de datos es una actividad de diseño que, a diferencia de las otras, no se realiza en forma rutinaria; sin embargo, resulta de gran importancia para una adecuada operación del sistema.

La *recolección* implica la obtención, en forma rutinaria, de aquellos aspectos que se consideren de interés para planear, controlar, analizar y conocer mejor la realidad y su dinámica. Además requiere de la capacidad para inquirir e investigar sobre aspectos especiales de naturaleza no rutinaria, conforme se presente la necesidad.

La *conversión* consiste en transformar los datos captados a un formato y un código adecuado para su manejo posterior. Esto es, se requiere una función de conversión que permita realizar las transformaciones de formato necesarias (por ejemplo, cuando se registra contablemente una operación de compra, se toman los documentos de la factura y se transforman para anotarlos en un asiento contable). La conversión puede requerir de una codificación, o sea, transformar la forma en que se representan los datos (por ejemplo, cuando se registran datos en una tarjeta perforada, se transforman de letras impresas a perforaciones en la tarjeta).

La *validación* implica un filtrado o selección de la información que va a entrar en el sistema Esto tiene dos aspectos:

Existe por un lado la necesidad de limitar la entrada de una cantidad excesiva de datos, de modo que los costos y la operación del sistema no resulten excesivos o sobrecargados. Por otra parte, resulta indispensable cuidar que sólo entren en el sistema los datos que no contengan errores o fallas, pues éste es uno de los elementos básicos para obtener información confiable y adecuada [6].

Proceso. El hecho de procesar datos implica dos aspectos: manipulación y cálculo. El primero se refiere al manejo lógico y la forma de ordenar los datos; el segundo, a los *procesos* matemáticos que se deban realizar sobre aquéllos.

El objetivo del proceso es transformar y relacionar los datos necesarios para generar la información requerida [7]. Esto implica la realización de operaciones tales como ordenamiento de datos, resumen, compresión, condensación y filtrado de datos, operación de modelos y de simulaciones, generación de pronósticos y cálculo de tendencias, verificación de la información, elaboración de cálculos, elaboración de reportes, etcétera.

Puede decirse que el proceso constituye el núcleo operativo del sistema de información, y es donde incide más directamente la selección de los mecanismos por utilizar; es decir, el sistema de proceso depende en gran medida de los mecanismos que se utilicen para el manejo de información; por ejem-

plo las computadoras, el equipo de registro unitario y otros. Estas opciones tecnológicas determinan la forma de operación del sistema, sus interfases con otros subsistemas, su costo y su velocidad de operación y de respuesta.

Cuando se maneja información, debemos tener en cuenta las propiedades de cantidad, calidad y costo de proceso, a partir de los datos que inician el flujo de un sistema de información [20]. Cuando son transformados en información, los datos pueden perder o ganar algún grado de estas propiedades (calidad, cantidad o costo). Por ejemplo, la cantidad de datos puede decrecer durante el proceso; la calidad, disminuir por los errores de proceso, y el costo incrementarse por el esfuerzo requerido para producir información.

Salida. La función de salida puede también recibir el nombre de *distribución*, y su objetivo es asegurar que la información requerida sea suministrada a quien la necesite, de modo que resulte útil. Esto implica que el tiempo de respuesta, el formato y el contenido sean adecuados y lleguen a las partes del sistema que lo requieran o a las que les sea útil [24].

La distribución generalmente abarca una función de conversión a un código y a un formato adecuado, así como una función de trasmisión para hacer llegar la información a su destinatario.

Es de gran importancia la incorporación de mecanismos que "filtren" la información de modo que se suministre únicamente la necesaria, y evitar sobrecargar al usuario de la información con una cantidad abrumadora de ésta [6].

Algunas posibilidades son las que permiten condensar y comprimir la información. Cabe mencionar, como ejemplo de filtro, una especificación del usuario que indica a grandes rasgos sus áreas de interés; como ejemplos de compresión están las técnicas estadísticas y la elaboración de resúmenes.

El concepto de "filtrado" o de selección a la salida del sistema también tiene aspectos que se relacionan con el carácter confidencial de la información (ya que existen datos de uso restringido) y con la pertinencia de los datos involucrados (ya que resulta inconveniente suministrar datos de poca utilidad).

Por estos motivos, y debido a que es la parte "visible" del sistema, la distribución resulta una función delicada de la actividad operativa de un sistema de información.

Como se indicó al principio del capítulo, los sistemas de información incorporan una función de almacenamiento.

El objetivo del almacenamiento es guardar para uso futuro los datos captados o los resultados de proceso ya realizados.

El almacenamiento generalmente toma la forma de un archivo, y en sistemas automatizados se le conoce como "Banco de datos". Aunque este concepto se usa en algunos casos para indicar una determinada forma de organizar los datos almacenados en computadora (véase apéndice A), se utiliza aquí en una acepción amplia para indicar el acervo de datos ya recolectados o la información disponible al sistema, sin que se requieran operaciones adicionales a una consulta.

Los datos almacenados pueden ser de muy diversa índole: de tipo histórico o actual, acerca de las operaciones y de los resultados de éstas, de tipo

estadístico, de características del sistema y de su medio ambiente, de pronósticos, de metas y objetivos previstos, etcétera.

El almacenamiento debe considerar la conservación de información previamente generada por el propio sistema de información; entre otras, información científica y tecnológica de interés para el sistema e información económica y legal relevante.

A pesar de que esta función es esencialmente pasiva, debe tenerse especial cuidado en la planeación de los datos y de la información que debe incorporarse y lo que debe irse eliminando, a fin de no sobrecargar los mecanismos de almacenamiento [12].

Un problema importante de este subsistema es el relativo a la estructuración y organización efectiva del almacén, lo cual está íntimamente relacionado con las posibilidades de recuperar la información de manera efectiva y eficiente. (Véase capítulo 12).

Trasmisión

Esta función está implícita en todas las anteriores y por ello a pesar de su importancia, la consideramos como una función de apoyo. Consiste en mover físicamente los datos de una localidad a otra.

Generalmente se considera en forma explícita la función de trasmisión cuando se refiere a distancias considerables, ya que en estos casos pueden resultar problemas especiales tanto de orden técnico (líneas telefónica, modems, códigos) como de orden legal (permisos para trasmisión de datos, reglamentos de comunicación) y aun operativos al intervenir agentes fuera del control directo del sistema (correo).

Sin embargo, los problemas de trasmisión son omnipresentes en todo sistema de información, aun en cortas distancias o dentro de una oficina (movimiento de documentos, mensajería, etcétera), por lo cual es indispensable prestarles especial atención.

La función de trasmisión está asociada a los fenómenos de comunicación y, por lo tanto, puede representarse adecuadamente con el modelo presentado por Shannon [22] y que se muestra en la figura 4.2.

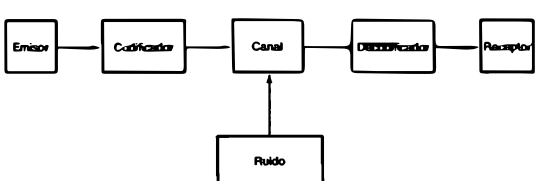


Figura 4.2. Modelo de comunicación.

Esto significa que debe contarse con una fuente de información o emisor que genera el mensaje. Este mensaje se codifica, esto es, se traduce a una representación adecuada para que el canal pueda operar adecuadamente (por ejemplo, el aparato telefónico codifica la voz a señales eléctricas a fin de que éstas puedan ser trasmitidas por la red telefónica que en este caso sería el canal).

La capacidad del canal se determina por la cantidad de información que puede trasmitir por unidad de tiempo y depende en gran medida del ruido e interferencias que lo afecten (cuando un canal tiene ruido se distorsiona la información y se reduce la cantidad que puede trasmitirse en forma confiable).

El decodificador convierte nuevamente la señal en una forma utilizable por el receptor.

TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

De acuerdo con los mecanismos operativos y tecnológicos utilizados existen cuatro tipos básicos de sistemas de información [2, 21]: *manual, mecánico, electromecánico* y *electrónico*.[1]

En la tabla 4.1 se muestra la relación que hay entre estos tipos de sistemas y las funciones que realizan, a través de los diversos medios empleados en su operación.

Sistemas de información manuales

En este tipo de sistemas los datos se registran manualmente, con lápiz o bolígrafo, sobre documentos, empleando para ello caracteres numéricos y/o alfabéticos. Estos documentos por lo general se transfieren manualmente de un lugar a otro; pueden almacenarse temporalmente en casillas o casilleros y, en forma permanente, en archiveros con carpetas, archiveros alfabéticos especiales y otros. Para manejar estos archivos deben establecerse procedimientos de búsqueda manual que permitan localizar con eficiencia los documentos que se requieren en un momento dado.

Los datos tienen que ser almacenados, arreglados y editados manualmente. Sucede con frecuencia que cierta información debe asentarse sobre varios documentos a la vez; en este caso, el auxilio de papel carbón nos permite acelerar nuestros procesos.

Si algún tipo de cálculo es necesario, se hará a mano y posteriormente se registrará sobre los documentos idóneos. Por lo general la escritura de los reportes se realiza después de que el proceso y el cálculo de los datos ha sido desarrollado. Estos reportes normalmente se vacían sobre registros y archivos que han sido actualizados para reflejar condiciones corrientes. Los sistemas

[1] Es posible suponer en un futuro no muy lejano se introduzcan sistemas ópticos o proteínicos que signifiquen un cambio sustancial de los sistemas que se utilizan actualmente, pero por el momento estas sólo son expectativas con posibilidades razonables de realización.

de información manuales resultan engorrosos y lentos. Cuando en un sistema de información sólo se utilizan procedimientos manuales, los errores pueden presentarse fácilmente; sin embargo, los requerimientos de información en muchas organizaciones no precisan el uso de un sistema más complejo que no sea el manual. Es conveniente implantar los sistemas manuales de información cuando los volúmenes de ésta son reducidos y las operaciones poco repetitivas y cuando, además, los cálculos no son excesivamente complejos. Como ventajas de estos sistemas debemos resaltar el aspecto económico, la flexibilidad en cuanto a su operación y su fácil adaptación a posibles cambios. Por otra parte, una de las desventajas es que encuadran a las personas en rutinas que, una vez conocidas y manejadas por largo tiempo, enajenan la actividad humana, convierten al individuo en una máquina y anulan su función primaria: la creatividad a través del intelecto.

Cuando aumentan el volumen de datos por procesar y el número de registros en archivos, el sistema manual se vuelve menos eficiente y más costoso de operar. Las grandes cargas de trabajo requieren un tiempo considerable de proceso y, por tanto, el costo de éste aumentará bruscamente en proporción al aumento del número de datos procesados.

Sistemas de información mecánicos

Estos sistemas emplean dispositivos mecánicos que permiten, en comparación con los manuales, un proceso de datos más eficiente. No obstante debemos considerar que estos mecanismos constituyen una ayuda puesto que el siguen conservando en forma preponderante los procesos manuales.

La recopilación de datos-fuente en este tipo de sistemas se logra a través de mecanismos tales como máquinas de escribir, cajas registradoras, impresoras de cheques y relojes checadores. La trasmisión de datos a cortas distancias puede llevarse a cabo por medio de tubos neumáticos a larga distancia, a través del correo.

Los documentos en sistemas mecánicos se almacenan en la misma forma que en los sistemas manuales, con la diferencia de que los datos contenidos en aquéllos están impresos o mecanografiados en vez de escritos a mano. Las operaciones de manejo de datos permanecen manuales en la mayor parte del proceso de dichos sistemas. Una posible excepción es el caso de los datos que se almacenan en tarjetas con un clave de clasificación (*keysort cards*); este es un procedimiento a base de tarjetas, las cuales tienen una o más muescas en un borde, de modo que pueden clasificarse mecánicamente mediante agujas diseñadas especialmente para este fin (véase fig. 4.3).

El cálculo sobre los datos puede hacerse con máquinas propias para este propósito: calculadoras, sumadoras y máquinas de contabilidad (que son una combinación de funciones de máquina de escribir y de otras funciones de máquinas calculadoras que pueden ser usadas para realizar procesos sobre determinados archivos). Estas últimas son capaces de sumar, restar, imprimir e incluso confrontar el resultado de operaciones previas. Para dar a conocer

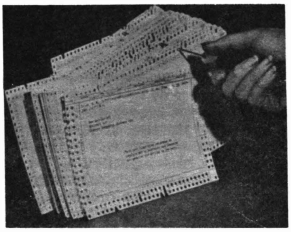


Figura 4.3. Sistema McBee de ordenamiento de tarjetas.

información procesada por estos sistemas se usan máquinas de escribir, aunque también pueden usarse fotocopiadoras, retroproyecciones o transparencias.

El uso de dispositivos mecánicos puede incrementar grandemente la velocidad y exactitud de los procesos sobre datos; sin embargo, el proceso no es continuo ya que esencialmente se trabaja en forma manual y el personal que opera el sistema debe, por lo general, estar tomando los resultados desde las máquinas y trasferirlos a otras; por lo tanto, puede apreciarse que las máquinas sólo representan una ayuda para reducir las operaciones manuales de estos sistemas.

Sistemas de información electromecánicos

Estos sistemas permiten el proceso de datos con mayor velocidad y exactitud que el sistema mecánico, ya que las operaciones de proceso pueden realizarse más rápida y eficazmente. Asimismo, el volumen de operaciones puede ser incrementado sin aumentar excesivamente los costos; es decir, cuando se utilizan equipos electromécanicos, un aumento del volumen de archivos no necesariamente producirá aumentos iguales de personal y costos. Una vez que los datos han sido registrados, pueden usarse de muchos modos. El proceso de salida es más rápido que en los sistemas mecánicos y los resultados del proceso resultan más legibles, uniformes y exactos que con el método manual.

Algunas de las limitaciones de los sistemas electromecánicos son: el proceso no es continuo, ya que partes del trabajo deben ser pasadas manualmente de máquina en máquina; los errores no pueden detectarse tan fácilmente como pudiera hacerse en los sistemas manuales, pues en su formato de proceso los datos no son legibles para el hombre.[2] Algunas excepciones de la rutina

[2] Cuando estos datos están en tarjetas perforadas es posible transformarlos a una forma legible mediante la interpretación de las perforaciones en una línea impresa sobre la misma tarjeta.

normal tienen que manejarse manualmente y muchas veces la información no es tan rápidamente accesible como pudiese serlo en un sistema manual; esto por lo general sucede cuando se trata de rescatar algún registro en especial o muy poca información. Por último, los datos manejados en sistemas electromecánicos deben, por regla, ser manejados en forma secuencial, lo cual es una limitación si nos percatamos de que existen otros mecanismos que pueden dar acceso a la información en forma directa.

El empleo de los sistemas de información electromecánicos es conveniente cuando se tienen grandes volúmenes de datos para procesar en lapsos cortos, para preparar datos que entren posteriormente a equipos de cómputo electrónico, o para obtener reportes o listados de grandes volúmenes de datos [9].

La principal característica de estos sistemas es la utilización de una codificación diferente a la escritura normal para manejar información; es decir, simbolizan información ya sea por marcas sensibles, por marcas perforadas o por caracteres ópticos o magnéticos. Para que los datos puedan ser manejados por sistemas electromecánicos, deben convertirse a una codificación que permita su lectura en máquinas electromecánicas. Las máquinas más representativas de estos sistemas son las de registro unitario, y a éstas dedicaremos nuestra atención. En la mayoría de los casos, los datos contenidos en documentos-fuente deben convertirse a una forma propia que permita su lectura y manejo por estas máquinas; esto es posible con el uso de equipo de perforadoras de tarjetas y perforadoras de cintas de papel, pueden archivarse para su proceso posterior. Cuando se utilizan cintas de papel perforado existe una mayor complejidad, tanto en la clasificación de la información como en su almacenamiento, ya que se requieren mecanismos y archivos especiales que aumentan el costo del sistema.

La información archivada en tarjetas puede moverse con un sistema electromecánico de registro unitario, de la misma forma en que se haría con documentos en un sistema manual; para ello se cuenta con máquinas: intercaladora, reproductora, tabuladora, reproductora sumaria, calculadora, intérprete, además de la clasificadora, la perforadora y la verificadora.

Con las máquinas descritas anteriormente, una vez que los datos han sido perforados sobre las tarjetas, éstas pueden usarse para procesar una variedad de diferentes aplicaciones, sin necesidad de hacer una conversión o reperforación. Sin embargo, en un sistema de tarjetas, es necesario que un operador lleve manualmente las tarjetas de una máquina a otra [19].

Sistemas electrónicos (cibernéticos)

Para casos en los que haya muchos datos por procesar, los procesos sean más complejos, la velocidad de obtención de información requiera ser muy alta y el sistema, por sus dimensiones, demande estar totalmente integrado, la solución radica en el uso de un equipo electrónico, o sea, una computadora [3].

Los diversos pasos que deberían darse con otro tipo de sistema se integran

con el uso de uno electrónico; es decir, en los sistemas manuales, mecánicos y electromecánicos, las operaciones tales como clasificar, reproducir, intercalar, calcular o tabular, requieren de la participación de varios hombres o de varias máquinas, según sea el caso, además de que deben llevarse a cabo como procesos independientes y por separado. En cambio, en un sistema de cómputo electrónico estas mismas operaciones pueden realizarse en forma integrada, y muchas veces más rápido. Asimismo, estos sistemas requieren menos espacio físico y menos personal operativo que cualquier otro, y precisan que los datos sean traducidos en impulsos que puedan ser captados por circuitos eléctricos, lo cuales están articulados con dispositivos magnéticos que los leen y graban [1].

Los datos en estos sistemas pueden recopilarse de varias maneras. Existen dispositivos que no requieren conversión externa, como los lectores de caracteres ópticos y magnéticos, y las terminales de acceso directo; también es posible usar tarjetas perforadas o cintas de papel perforado para capturar información, sólo que en este caso sí será necesario convertir la información a códigos aceptados por la computadora electrónica.

La información en estos sistemas puede almacenarse en archivos contenidos en cintas magnéticas, tarjetas magnéticas, discos magnéticos, tambores magnéticos o memorias masivas de núcleos magnéticos. También es posible hacerlo en tarjetas perforadas o cintas de papel perforado, sólo que, como son medios lentos en el cómputo electrónico, se usan en forma limitada o en equipos diseñados para tarjetas (*card systems*) o para cintas perforadas.

La cinta magnética es el medio más económico para almacenar datos en gran volumen y en forma permanente, pero existe la desventaja de que el acceso a las cintas debe hacerse en forma secuencial o seriada.

Los discos, tarjetas y tambores magnéticos, así como las memorias masivas, son dispositivos caros y, en algunos casos, tienen menos capacidad de almacenamiento que las cintas magnéticas; su gran ventaja es que permiten acceso directo sobre cualquier información registrada.

LAS COMPUTADORAS ELECTRÓNICAS

Es claro que tanto las técnicas para el tratamiento de información, como las herramientas que en ello se emplean, no son sino instrumentos al servicio de la administración cuyo éxito depende, en última instancia, del elemento humano, al que siempre deberán subordinarse.

La computadora, como herramienta al servicio de la administración, cuenta con componentes que permiten alimentación de la materia prima, en nuestro caso, datos; componentes que desarrollan todas las operaciones requeridas en el proceso, y componentes que dan salida al producto terminado, en nuestro caso, información (sin que por lo anterior se eliminen los componentes de retroalimentación que pueden ser muchos y muy variados).

El proceso lógico o matemático que realiza una computadora es efectuado con base en rutinas almacenadas en una parte de sus circuitos llamada me-

Tabla 4.1. Tipología y funciones de los sistemas de información.

Función / Tipo	Captación			Proceso	Distribución	Almacenamiento	Trasmisión
	Recolección	*Conversión*	*Validación*				
MANUAL	En forma manual sobre documentos con el uso de lápiz, pluma, marcadores especiales, etc.	No existe, por lo general	• Inspecciónvisual • Comparación de totales	Manualmente con el uso de utensilios y reglas de cálculo, ábacos, etc.	En forma manual con el uso de lápiz, pluma o marcadores sobre formas comunes	En archiveros de registros varios, contenidos en folders o cardex; en libros, etc.	Manual por mensajes escritos, correo, telégrafo, memorandos, etc.
MECÁNICO	Misma que en manual o con máquina de escribir, relojes checadores, marcadores,etc.	No existe, generalmente	• Igual que en manual	En forma manual, pero usando calculadoras, sumadoras, máquinas de registros s/tarjetas, máquinas de escribir, etc.	En forma manual con el uso de máquinas de escribir, máquinas de escritura sobre tarjetas registradoras, etc.	Igual que manual	Teléfono, radio,teletipos, paneles de luces, etc.
ELECTRO-MECÁNICO (REGISTRO UNITARIO)	Misma que en manual y mecanizade o tarjetas con marcas preperforadas o sensibles	Perforadora de tarjetas	• Verificadora de tarjetas • Dígito de verificación	Con el uso de clasificadoras, intérpretes, intercaladoras, reproductoras, tabuladoras y calculadoras.	En forma mecanizada con el uso de la tabuladora sobre formas preimpresas	En gavetas para tarjetas perforadas	Igualque en manual y mecanizada
ELECTRÓNICO	Mismo que electromecánico o por el uso de terminales, consolas, marcas de caracteres ópticos o magnéticos,etc.	Perforadora de tarjetas, grabadora de cintas, grabadora de discos, pantallas, etc.	• Programa de validación • Cifra de control • Verificación de rangos y campos • Validación de claves	Con programas almacenados electrónicamente en el procesador central	Con impresoras de alta velocidad, pantallas de rayoscatódicos,terminales.	En gavetas, si son tarjetas perforadas; cintas, discos y tambores magnéticos, memorias masivas de núcleos, tarjetas magnéticas	Igual que electromecánica o por el uso de teleproceso con líneas telefónicas o internamente a través de la U.C.P.

moria principal; el hombre programa estas rutinas (por lo general a través de símbolos no legibles para la máquina) y se colocan después de ser traducidas a un lenguaje propio de la computadora, en la memoria principal de ésta [14].

Para procesar información en una computadora, contamos con un equipo electrónico de proceso (*hardware*) y una serie de lenguajes y rutinas de soporte (*software*) [13, 18]. El equipo electrónico está formado por uno o varios procesadores centrales y mecanismos periféricos electromecánicos (manejadores de cintas, discos, tambores, terminales, consolas, etcétera) que serán la base mecánica de las operaciones. El soporte está formado por rutinas y programas, desarrollados unos por el usuario y otros por la casa que fabrica el equipo u otro provedor, y servirán para ordenar a la computadora la forma en que deberá procesar todos los datos.

El procesador central de una computadora electrónica desarrolla cálculos y procesos bajo el control de un programa almacenado. El concepto de programa almacenado permite a la computadora escoger uno de varios cursos de acción basados en datos de entrada o en resultados de un proceso previo, los cuales son pasados a través de un grupo de instrucciones ordenadas en un algoritmo. El mismo programa puede usarse tantas veces como se requiera, sin necesidad de que sea reprogramado. Una vez instruida, una computadora toma control y maneja automáticamente, sin intervención humana, los datos que le son alimentados para obtener información. La información dada por un sistema electrónico se obtiene típicamente en forma de reportes impresos, emitidos por impresoras de alta velocidad; también es posible obtenerla en desplegados visuales sobre pantallas de rayos catódicos o terminales con máquinas de escribir.

Los sistemas electrónicos de información están diseñados para aplicaciones en las cuales grandes masas de datos deben ser recolectadas y analizadas, con el fin de reportar información significativa [15]. Estos sistemas también se usan para manejar casos en los que los resultados de un proceso deben ser comparados para predeterminar reglas decisivas como una base para decisiones simples (por ejemplo, ¿cuándo y qué cantidad debe ser reordenada de un producto cuyo nivel de inventario ha bajado del mínimo especificado?). La alta velocidad de operación y la gran capacidad de almacenamiento de los sistemas electrónicos les permite manejar, económica y eficientemente grandes volúmenes de datos y complejos procesos. En la tabla 4.1 se muestra la relación de cada uno de los tipos de sistema de información con cada una de las funciones comunes que éstos desarrollan, así como los procedimientos y equipos que se utilizan en cada caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Arnold, R., Hill, H, *et al.*, *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.

[2] Awad, E. M., *Introduction to Computers in Business*, Prentice-Hall, New Jersey, 1977.

[3] Benice, D. D., *Introducción a las computadoras y proceso de datos*, Prentice-Hall, Bogotá, 1973.
[4] Bingham, J. E., Davies, G. W. P., *A Handbook of Systems Analysis*, The McMillan Press, Londres, 1978.
[5] Brabb, G. J., *Computadoras y sistemas de información en los negocios*, Interamericana, México, 1978.
[6] Burch, J. G., Strater, F. R., *Information Systems*, Hamilton Publ. Co., California, 1974.
[7] Cashman, T. J., Keys, W. J., *Data Processing and Computer Programming*, Canfield Press, San Francisco, 1971.
[8] Clark, F. J., Gale, R., et al., *Procedimientos informáticos en sistemas empresariales*, Prentice-Hall, Bogotá, 1973.
[9] Crawford, F. R., *Business Systems with Punched Card Data Processing and S/3 Mod 10*, Prentice-Hall, New Jersey, 1973.
[10] Hartman, W., Matthes, H., et al., *Management Information Systems Handbook*, McGraw Hill, Nueva York, 1972.
[11] Kaufmann, A., *Los cuadros y la revolución informática*, Editorial Hispano-Europea, Barcelona, 1970.
[12] Langefors, B., Samuelson, K., *Information and Data in Systems*, Petrocelli, Nueva York, 1976.
[13] Laurie, E. J., *Modern Computer Concepts*, South-Western, Ohio, 1970.
[14] Martino, R. L., *Sistemas de información para directivos de empresas*, Editorial Técnica, México, 1970.
[15] Martzloff, C., *El ordenador rentable*, Editorial Técnicos Asociados, Barcelona, 1976.
[16] Mc Rae, T. W. (Dir.), *Management Information Systems*, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[17] Molino, E., "Sistemas informáticos: lineamientos conceptuales para su diseño", *Revista Informática*, núm. 43, 11, septiembre 1979.
[18] Murdick, R. G., Ross, J. E., *Introduction to Management Information Systems*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1977.
[19] Pilorge, R., *Comprende L'Informatique*, J. Delmas et cie, Paris, 1969.
[20] Prince, T. R., *Information Systems for Management Planning and Control*, R. D. Irwin Inc, Illinois, 1970.
[21] Sanders, D. H., *Computers and Management*, McGraw Hill, Nueva York, 1970.
[22] Shannon, C. E., "A Mathematical Theory of Communication", *Bell Syst Tech J.*, vol. 27, pág. 379, julio 1948.
[23] Sisson, R. L., Canning, R. G., *Información por computadoras*, Limusa, México, 1969.
[24] Squire, E., *Introducing Systems Design*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1980.

5

Registro indirecto

Los procesos de registro de información (tabla 5.1) pueden dividirse en dos grandes grupos: *registro directo* y *registro indirecto*. En el registro directo, los asientos se realizan al mismo tiempo que el registro, o sea que el registrar una transacción realiza, simultáneamente, el asiento correspondiente. Esto implica que la información no se codifica[1] sino que se maneja durante el registro en su forma original.

Por su parte, los equipos de registro indirecto requieren, por su diseño, de información codificada en alguna forma. En este caso la operación de registro se separa de la operación de asiento, existiendo entre ambas una serie de operaciones adicionales de manejo de la información que se traducen en un retraso entre el registro, el cálculo y el asiento de la información.

Entre los equipos de registro indirecto podemos señalar el *registro unitario*, las *computadoras* y *otros sistemas*.

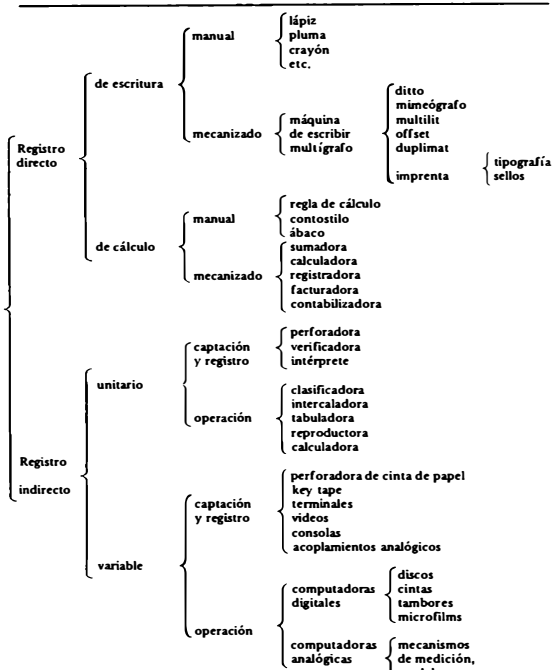
Los equipos y sistemas de registro unitario se presentan en los apéndices C y D, no sólo por el interés que representan como antecedentes de los sistemas de cómputo, sino también porque resultan útiles como casos de estudio. En la actualidad, los sistemas de registro unitario están siendo desplazados aun de las actividades de preparación de datos, por lo que resultan de interés más académico que práctico.

Las computadoras se presentan en la parte II de este libro. Los otros mecanismos de registro indirecto, como son la cinta de papel, la cinta magnética, etcétera, se describirán como parte de los sistemas de cómputo, particularmente en el capítulo 8.

En la tabla 5.1 se muestra en forma esquemática la clasificación de los equipos para manejo de información; los de registro directo no se analizan en este libro por ser de poco uso, muy conocidos, especializados u obsoletos.

[1] Nótese que esta afirmación no es rigurosamente exacta ya que en cierta forma existe una codificación en algunos casos por las posiciones de los engranes y levas de la máquina. Además, actualmente varias de las llamadas máquinas de registro directo usan sistemas electrónicos que sí requieren codificar la información; sin embargo, el término se sigue aplicando ya que es de común aceptación.

Tabla 5.1. Clasificación de los equipos de proceso de datos.



Nos concentramos, por tanto, en los sistemas de registro indirecto y, en forma particular, en los sistemas de cómputo.

Se mencionó que el registro indirecto implica la codificación de los datos.

Esta operación resulta de particular importancia tanto para la eficiencia, conveniencia y confiabilidad de un sistema de información, como para comprender mejor la forma de operar de muchos equipos y para desarrollar una base sólida de conocimientos en este campo. Por tales motivos, dedicaremos gran parte de este capítulo a la codificación.

CONCEPTOS DE CODIFICACIÓN

Comencemos por decir que codificar significa transformar una información en una representación predefinida y preestablecida. Aunque esa presentación generalmente es arbitraria o convencional, deben tomarse en cuenta el soporte (medio) en el cual debe sostenerse la información y los procesos a los que se verá sometida la misma o la forma en que se trasmitirá a otra localidad; por ejemplo, las letras del alfabeto pueden considerarse como una codificación del pensamiento. El abecedario es un sistema de codificación que se desarrolló para usarse en un soporte de tipo plano (como el papel) y para poder trasmitir la información a otras personas, quienes la decodifican y la convierten en pensamiento e ideas. Otro ejemplo de codificación es el código Morse para el telégrafo; por medio de dicho código se transforma la información en puntos y rayas que son trasmitidos, recibidos y decodificados hasta obtener la información original. En este caso el medio que sostiene la información consiste en una serie de impulsos eléctricos en un alambre, y el proceso que sufre la información es el de ser trasmitida de un lugar a otro, por medio de señales de dos tipos: puntos y rayas.

Como puede verse, las características del medio y del proceso definen la necesidad de codificar la información y el tipo de codificación más adecuado.

La codificación resulta necesaria, por tanto, para incrementar la eficiencia de operación de un proceso.[2] Trátese de imaginar la complejidad y, por consiguiente, baja eficiencia de un telégrafo que trasmitiera mensajes sin codificarlos.

A fin de no aumentar la complejidad de los equipos y, por ende, su costo, la mayor parte de las codificaciones se realizan con base en un sistema binario que consta únicamente de ceros y unos, encendido o apagado, alambre con electricidad o sin electricidad, lámpara encendida o apagada, etc.

Sistema binario

El sistema binario, además de ofrecer una forma de representación de datos fácilmente realizable en circuitos electrónicos, tiene dos importantes características: en primer lugar, es la forma más elemental posible para representar información, ya que esta se reduce a series de ceros y unos (sí o no). Por tal motivo, resulta extremadamente flexible y adaptable a cualquier ne-

[2] O sea que el almacenamiento o la trasmisión de datos se hacen más o menos eficientes, de acuerdo con lo adecuado de la codificación que se use [7].

cesidad. En segundo lugar, el sistema binario resulta muy conveniente para que las máquinas realicen fácilmente operaciones aritméticas.

El sistema binario es en realidad un sistema de numeración que opera en forma semejante al sistema decimal convencional, sólo que se le define de modo diferente [2].

A diferencia del sistema decimal, que tiene como base el número 10, el sistema binario tiene como base al número 2. Esto significa que el valor de cada dígito varía con potencias de 2 en lugar de potencias de 10 (véase fig. 5.1). En el sistema binario sólo se pueden usar dos dígitos distintos (cero y uno), a diferencia de los diez que se usan en el sistema decimal (cero al nueve) [11].

En la figura 5.1 se muestra cómo se designa el valor de un número, comparando entre uno decimal y uno binario. Nótese que en las operaciones se utiliza el sistema decimal.

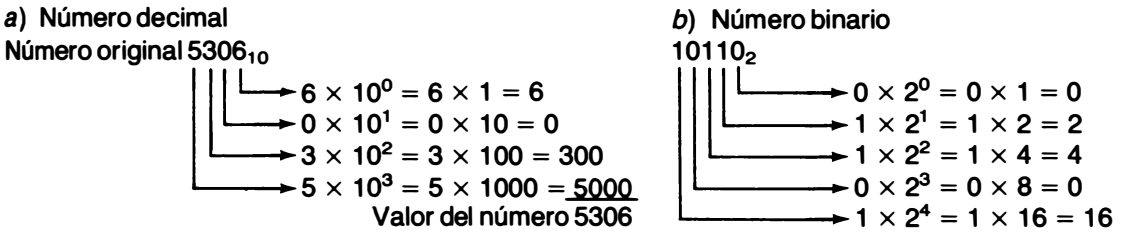


Figura 5.1

En la figura 5.1*b* se muestra una forma simple para transformar un número binario en decimal.

Se puede realizar la operación inversa dividiendo entre 2 el número decimal; el resultado vuelve a dividirse entre 2, y así sucesivamente hasta obtener un resultado menor que 2 [26]. En ese momento se agrupan el resultado final y los residuos en orden inverso al que se obtuvieron, lográndose de este modo integrar el número binario equivalente. La figura 5.2 muestra con un ejemplo estas operaciones.

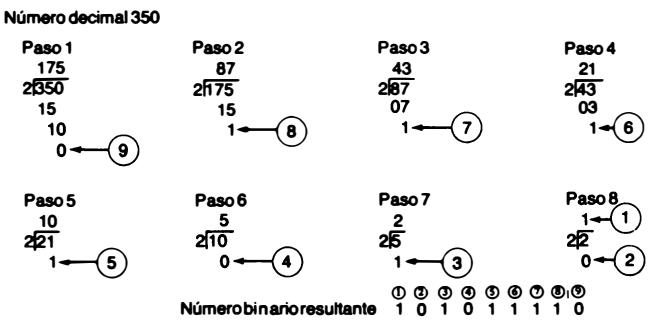


Figura 5.2

Además de los números binarios se utilizan con frecuencia número octales (base 8) y hexadecimales (base 16), ya que resultan más compactos y fáciles de utilizar (véase tabla 5.2).

La razón por la que se seleccionaron los sistemas octal y hexadecimal es que pueden convertirse fácilmente en binario. En la figura 5.3 se muestra cómo puede realizarse la transformación.

Tabla 5.2. Ejemplos de algunos sistemas numéricos

Sistema	*Decimal*	*Binario*	*Octal*	*Hexadecimal*
Base	10	2	8	16
	0	0	0	0
	1	1	1	1
	2	10	2	2
	3	11	3	3
	4	100	4	4
	5	101	5	5
	6	110	6	6
	7	111	7	7
	8	1000	10	8
	9	1001	11	9
	10	1010	12	A
	11	1011	13	B
	12	1100	14	C
	13	1101	15	D
	14	1110	16	E
	15	1111	17	F
	16	10000	20	10
	17	10001	21	11
	18	10010	22	12
	19	10011	23	13
	20	10100	24	14

Una posición de un número binario (cada carácter binario, cero o uno) recibe el nombre de *bit*, nombre que deriva de las dos primeras y de la última letra de la expresión inglesa "*bi*nary digi*t*", que significa precisamente dígito binario [17].

El bit es la unidad de información, ya que representa la cantidad mínima de ésta. Es decir, la información aportada al indicar un "sí" o un "no", por ejemplo, es igual a un bit y representa el mínimo posible de información ante una situación dada [33].

Cuando se agrupan los bits de acuerdo con las reglas del sistema de numeración binario, se logra lo que se denomina sistema binario puro. Esto permite codificar de manera eficiente cualquier número que se desee. Sin embargo, no permite representar letras, símbolos de puntuación, etc., de manera adecuada y sin ambigüedades.

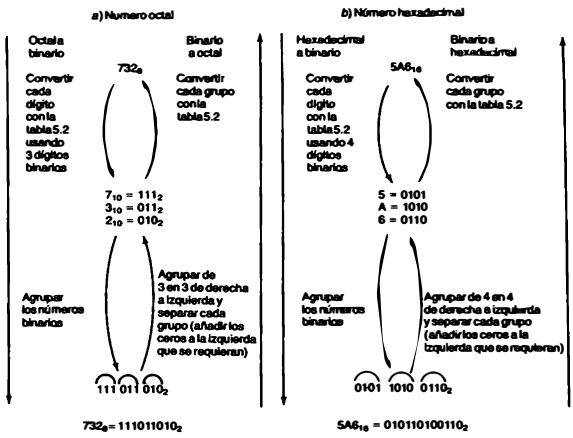


Figura 5.3

La representación de caracteres alfabéticos, signos especiales, caracteres numéricos y claves de control se realiza mediante el diseño de un código adecuado, conveniente, y que sea aceptado por quienes los usarán. Estos códigos se establecen por consenso o por definición y sin más bases para ello que la conveniencia de los mismos.

Códigos BCD, ISO, ASCII y EBCDIC*

Estos códigos se basan en la definición de un grupo de bits como unidad de codificación [20]. A cada codificación se le asigna un significado, por lo cual mientras más bits tenga el grupo, más amplio será el código.

El código BCD fue uno de los primeros que se usaron más ampliamente en el área de cómputo [31].

*ISO = International Standars Organization (Organización Internacional de Estándares)
ASCII = American Standard Code for Information Interchange (Código estándar estadounidense para intercambio de información)
BCD = Binary Coded Decimal (Decimal Codificado en Binario)
EBCDIC = Extended Binary Coded Decinal Interchange Code (Código BCD de intercambio extendido)

En su forma más simple, el código BCD utiliza grupos de 4 bits para representar los dígitos del 0 al 9 (véase tabla 5.3).

Tabla 5.3. Código BCD numérico. (Ejemplo arbitrario)

Número	*Código*
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Utilizando la tabla 5.3 se sustituyen los dígitos decimales por su clave binaria, obteniéndose así la codificación del número en BCD. Por ejemplo, el número 136 decimal se representaría en BCD 000100110110.

Si se añaden al código BCD Básico 2 bits adicionales como identificadores, cuya función es establecer el significado de los 4 que ya se mencionaron, podremos representar con 6 bits 64 posibles combinaciones de ceros y unos, con lo cual ya se pueden codificar los 10 dígitos numéricos, las letras del alfabeto y caracteres tales como paréntesis, signos de suma, etc.

En otras palabras, podemos establecer, por ejemplo, que 00 indica un dígito numérico; 01, las letras de la "A" hasta la "I"; 10, las letras de la "J" a la "R", y 11, las letras de la "S" a la "Z" (véase tabla 5.4). Los símbolos especiales se establecen también en forma arbitraria. Nótese además quepuede haber códigos no definidos, lo cual significa que no tienen significado establecido en el sistema de codificación.

La concepción del código BCD ampliado que se muestra en la tabla 5.4 constituye la base sobre la que se desarrollan los demás códigos de uso común y permite comprender la estructura de los códigos usados en tarjetas perforadas, cintas de papel, etc.

El código ISO [15] está definido para grupos de 7 bits y es el resultado de los acuerdos entre los órganos gubernamentales de normalización de todo el mundo. Como tal, es el código oficial a nivel internacional. En la tabla 5.5 se muestra este código en forma resumida.

La norma internacional que define el código ISO prevé la adecuación del mismo a las necesidades de cada país. Con base en esto, la Oficinade Normas de Estados Unidos desarrolló la versión adaptada a los requerimientos de ese país, denominándola ASCII [2]. Aunque posteriormente se le dio el nombre

Tabla 5.4. Ejemplo arbitrario de un código BCD ampliado de 6 bits.

Valor	*Código*	*Valor*	*Código*	*Valor*	*Código*	*Valor*	*Código*
0	00 0000	ND	01 0000	ND	10 0000	ND	11 0000
1	00 0001	A	01 0001	J	10 0001	S	11 0001
2	00 0010	B	01 0010	K	10 0010	T	11 0010
3	00 0011	C	01 0011	L	10 0011	U	11 0011
4	00 0100	D	01 0100	M	10 0100	V	11 0100
5	00 0101	E	01 0101	N	10 0101	W	11 0101
6	00 0110	F	01 0110	O	10 0110	X	11 0110
7	00 0111	G	01 0111	P	10 0111	Y	11 0111
8	00 1000	H	01 1000	Q	10 1000	Z	11 1000
9	00 1001	I	01 1001	R	10 1001	–	11 1001
10	00 1011	Espacio	01 1010	–	10 1010	$	11 1010
11	00 1011	(	01 1011	?	10 1011	#	11 1011
12	00 1100	)	01 1100	!	10 1100	>	11 1100
13	00 1101	:	01 1101	*	10 1101	<	11 1101
14	00 1110	,	01 1110	/	10 1110	.	11 1110
15	00 1111	+	01 1111	=	10 1111	_	11 1111

Nota: ND = No definido

Tabla 5.5. Código ISO.*

			b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
			b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
			b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1	columna / renglón 0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	TC_7	SP	0	@	P	` [3]	p
0	0	0	1	1	TC_1	DC_1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	TC_2	DC_2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	TC_3	DC_3	£(#)	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	TC_4	DC_4	$( )	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	TC_5	TC_8	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	TC_6	TC_9	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	TC_{10}	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	FE_0	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	FE_1	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	FE_2	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	FE_3	ESC	+	;	K	Ä [2]	k	ä [2]
1	1	0	0	12	FE_4	IS_4	,	<	L	Ö [2]	l	ö [2]
1	1	0	1	13	FE_5	IS_3	–	=	M	Ü [2]	m	ü [2]
1	1	1	0	14	SO	IS_2	.	>	N	ß [3]	n	~ [3]
1	1	1	1	15	SI	IS_1	/	?	O	--	o	DEL

caracteres de control

Notas: [1] Puede escogerse cualquiera de los dos símbolos.
[2] Disponibles para definición por cada país.
[3] Pueden sustituirse con otros símbolos por acuerdo entre emisor y receptor.

* Fuente: International Standard 150646-1973 (E), International Organization for Standardization, Ginebra, 1973.

de USASCII a este código, la primera denominación es aún la más usada. El código ASCII se ha convertido en la norma "de facto" para tasmisión de datos por líneas de comunicaciones. En esencia es idéntico al código ISO, salvo que tiene definidas en forma precisa las claves opcionales disponibles en la versión internacional.

El código EBCDIC fue definido por IBM para utilizarse en el almacenamiento interno de información en sus equipos de cómputo. Consta de 8 bits, por lo cual en teoría puede representar 256 claves diversas, aunque muchas de ellas no se han definido [20] (véase tabla 5.6).

Otra ventaja de este código radica en la facilidad que ofrece de poder dividir cada grupo de 8 bits en 2 grupos de 4 para efectos de almacenar información de tipo numérico exclusivamente. Cuando se utiliza de este modo se dice que la información está "empacada" y permite ahorros considerables de memoria cuando se tiene información numérica. Sin embargo, este método no es tan eficiente en este sentido, como el binario puro 5.7.

Una desventaja del código EBCDIC consiste en que requiere un bit adicional por cada carácter.

Tabla 5.6. Código EBCDIC.

Bits 0, 1, 2, 3 / Bits 4, 5, 6, 7	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1
0000																
0001										a	j			A	J	
0010		Códigos de								b	k	s		B	K	S
0011		control								c	l	t		C	L	T
0100										d	m	u		D	M	U
0101										e	n	v		E	N	V
0110										f	o	w		F	O	W
0111										g	p	x		G	P	X
1000										h	q	y		H	Q	Y
1001										i	r	z		I	R	Z
1010						¢	!		:							
1011						.	$	,	#							
1100						<	*	%	@							
1101						(	)	_	'							
1110						+	;	>	=							
1111						|	¬	?	"							

REDUNDANCIA Y ERRORES

Como la mayor parte de los equipos pueden tener errores durante la trasmisión de la información, es importante detectar esas fallas; la única forma de lograrlo es por medio de una redundancia en la codificación [28].

Por redundancia queremos indicar que se incluye en la codificación más información de la necesaria; así, para representar por medio de ceros y unos los números 0 a 9, necesitamos cuatro posiciones (véanse columnas 1 y 2, tabla 5.7); pero si queremos detectar un error, necesitamos utilizar cuando menos 5 posiciones (véase columna 3, tabla 5.7), con lo cual disminuimos la eficiencia del código ya que utilizamos una posición adicional para codificar la misma información [32]. Obtenemos con esto, sin embargo, una indicación en caso de existir un error de trasmisión. La posición en exceso del mínimo indispensablemente constituye la redundancia del código, y se conoce en este caso como *control de paridad*.

Tabla 5.7.

1 *Número*	2 *Codificación*	3 *Codificación con redundancia*
0	0000	00000
1	0001	10001
2	0010	10010
3	0011	00011
4	0100	10100
5	0101	00101
6	0110	00110
7	0111	10111
8	1000	11000
9	1001	01001

Control de paridad

El control de paridad puede realizarse adicionando un bit al código. Este bit adicional, conocido como bit de paridad, se determina de acuerdo con reglas que permitan detectar la existencia de errores [14]. Esto se logra estableciendo que para cada código la cantidad total de unos[3] sea siempre par (puede también hacerse siempre non, si así se define, sin que se altere el concepto; en este caso se le llamaría *paridad non*). Vemos, por tanto, que para el código correspondiente al número 4 (0100) necesitamos agregar un uno para que se tenga un número par de unos (10100), mientras que para el código del número 5 (0101), puesto que el número de unos ya es par, agregamos un cero (00101). Este sistema únicamente detecta los casos en que haya un solo error, pues dos errores se pueden compensar por sí mismos; para remediar esto se utilizan otras técnicas, específicas para cada aplicación.

En algunos casos no sólo es necesario detectar que hubo error, sino también corregirlo para lo cual se incrementa la redundancia del mensaje mediante el aumento del número de posiciones necesarias en cada código.

[3] Puede también utilizarse la opción contraria y contarse el número de ceros.

Dígito verificador

Es posible ampliar el concepto de bit de paridad para verificar la exactitud de números decimales [1]. Esta opción resulta muy útil para asegurar la confiabilidad de cifras importantes (por ejemplo, el número de registro de un cuentahabiente bancario). En este caso, el dígito redundante (adicional) se denomina dígito verificador o dígito de control.

Existen diversos mecanismos para calcular al dígito verificador. Los más comunes utilizan el concepto de módulo o residuo de una división. Generalmente se utiliza el módulo 10 o el módulo 11 [9].

En ambos casos debe definirse una serie de dígitos multiplicadores. Estos dígitos se establecen de modo que resulte mínima la cantidad de errores no detectados por el dígito verificador. Esta operación hace en forma empírica a base de pruebas y muestreos.

Supongamos que los dígitos multiplicadores son 3 9 3 9 3 ——. Para calcular el dígito verificador módulo 10 de una clave, por ejemplo 3567, se procede en la siguente forma:

1. Se asigna un dígito multiplicador a cada dígito de la clave.

Clave	3 5 6 7
Multiplicador	3 9 3 9

2. Se multiplica cada par de dígitos.

   3 × 3 = 9, 5 × 9 = 45, 6 × 3 = 18, 7 × 9 = 63

3. Se suman los resultados.

   9 + 45 + 18 + 63 = 135

4. Se divide el resultado entre 10 (módulo).

   135/10 = 13 con residuo de 5

5. El residuo de la división es el dígito verificador.

En el caso del módulo 11, el procedimiento es el mismo, sólo que en el punto 4 debe dividirse entre 11. Esto significa que podemos obtener 11 residuos, en este caso, del 0 al 10. Por tanto, se acostumbra invalidar las claves que resultan con residuo de 10 para mantener el dígito verificador como un solo dígito, lo cual puede acarrear algunos problemas en ciertas aplicaciones; esto constituye la mayor desventaja del módulo 11. Por otra parte, el módulo 11 ofrece una pequeña ventaja respecto al módulo 10 pues es ligeramente más efectivo para detectar errores [7].

Los dígitos de verificación se añaden al principio o al final de la cifra que

controlan. Así, en el ejemplo anterior la clave 3567 con su dígito módulo 10 quedaría definido como 3567–5.

Cada vez que se utiliza una clave se vuelve a calcular el dígito de verificación y se compara con el que está anexo a la propia clave. Cuando no coinciden es porque hay un error y se avisa a quien corresponda para que lo corrija.

Además de los dígitos de verificación se acostumbra contar con otros mecanismos de verificación, como cifras de control, totales cruzados, etc. Por tratarse de técnicas usuales de control interno no se describen en este libro.

Conviene destacar que resulta prácticamente imposible eliminar al 100% los errores y fallas. Sin embargo, los métodos anteriores permiten reducir el índice de errores de manera considerable, hasta niveles aceptables, sin ocasionar gastos excesivos.

JERARQUÍAS DE INFORMACIÓN

La información puede presentarse codificada con diversos niveles de agregación. La tabla 5.8 muestra los más importantes niveles y representa la es-

Tabla 5.8

Nivel	*Nombre del elemento*	*Descripción*
1	Bit	Unidad de información, dígito binario. Generalmente se representa con cero o uno.
2*a*	Carácter	Grupo de bits que representan números, letras y símbolos especiales. Generalmente se trata de 6 a 10 bits. Si se trata de 8 bits IBM lo denomina Byte.
2*b*	Palabra	Grupo de bits sobre los que puede operar en forma simultánea una computadora. Es una característica del diseño del equipo. Puede variar desde 8 hasta más de 64 (véase cap. 7).
3	Campo	Grupo de caracteres con un significado (por ejemplo: clave de artículo, saldo, etc.). En ocasiones es conveniente considerar subcampos (por ejemplo el mes dentro del campo de fecha).
4*a*	Registro (Lógico)	Grupo de campos con una estructura definida. Generalmente representa una transacción (por ejemplo, los datos de un empleado, una salida de almacén, etc.).
4*b*	Registro (Físico)	Soporte de información que se maneja como una unidad (por ejemplo, una tarjeta perforada, un sector de un disco, etc.) En cintas magnéticas se le conoce como bloque (véase cap. 8).
5	Archivo	Grupo de registros semejantes.
6	Base de datos	Conjunto interrelacionado de archivos que operan en forma integrada.

tructura jerárquica que sirve de base para el manejo de datos e información.

Conviene destacar, en el caso de los registros, que un registro lógico puede requerir de varios registros físicos (por ejemplo, información que no cabe en una sola tarjeta). A su vez, un registro físico puede contener varios registros lógicos (por ejemplo, un sector de disco puede contener los movimientos de varios artículos del almacén).

Es posible que un registro físico resulte igual a un registro lógico. El concepto de registro unitario deriva de este caso, ya que normalmente cada tarjeta perforada contiene una sola transacción o registro lógico.

LA TARJETA PERFORADA

Uno de los soportes de información más conocidos es la tarjeta perforada. Consiste en una cartulina de dimensiones estándar en la cual puede guardarse información codificada por medio de perforaciones [16].

Esisten varios tipos de tarjetas; entre otras, la tarjeta IBM (fig. 5.4), la tarjeta UNIVAC (fig. 5.5) y la tarjeta del sistema 3 (fig. 5.6).

Aunque son diferentes en algunos aspectos, el principio básico es el mismo, y lo importante es que, en un caso dado, no resulta conveniente utilizar más de un solo tipo (las máquinas están diseñadas sólo para uno de éstos en particular y, por tanto, para usar dos tipos de tarjetas se requeriría tener el doble de equipo, uno para cada uno de ellos).

La tarjeta IBM [10, 16]

Esta tarjeta tiene 17.85 cm de largo, 7.68 cm de ancho y 0.18 mm de espesor. Se divide en 80 columnas verticales, cada una con 12 posiciones (véase fig. 5.4). Cada columna puede contener en forma codificada un número de una cifra (de 0 a 9), una letra o un símbolo; por ejemplo, un paréntesis, una coma, un punto, etc.; llamaremos *carácter* a cualquiera de estos elementos. En sentido horizontal, la tarjeta se divide en 12 hileras o renglones, los cuales se indican con un número: el renglón inferior es el 9, el que le sigue el 8, etc., hasta 1, 0, 11, 12. La hilera 12 será entonces la del extremo superior.

Las hileras se dividen en dos partes: posición de zona (hileras 12, 11 y 0) y posiciones de dígito (hileras 0, 1,... 9) tal como se muestraen la figura 5.4. Nótese que la hilera 0 pertenece tanto a la posición de zona como a la de dígito. Esta división de las hileras es la base del código Hollerith,[4] en el cual cada dígito (números de 0 a 9) se representa con una sola perforación, de forma rectangular, en las posiciones de dígito. Así, el 0 se codificará como una perforación en la hilera cero, el 1 con una perforación en la hilera 1, etc. (Obviamente, los números de más de una cifra utilizarán más de una columna: por ejemplo, el número 348 utilizará 3 columnas, una para el 3, otra

[4] H. Hollerith fundador de la IBM, fue uno de los pioneros en el uso de tarjetas perforadas.

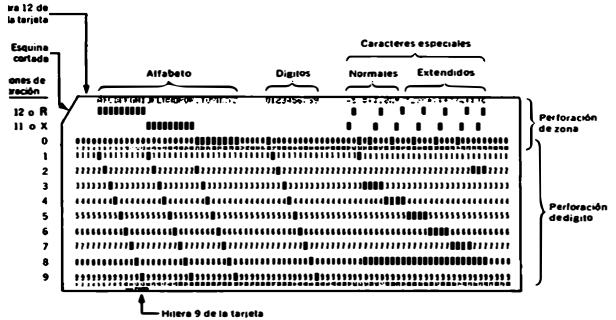


Figura 5.4. Tarjeta IBM.

para el 4 y otra para el 8.) Las letras se codifican, según el código Hollerith, con dos perforaciones en cada columna; una perforación en la posición de zona que nos permite identificar que se trata de una letra, y una perforación en la posición de dígito que nos indica de qué letra se trata. Así, la letra A se codificará con una perforación en la hilera 12 y una perforación en la hilera 1; la letra B, con perforaciones en el renglón 12 y en el renglón 2, etc. Al llegar a la letra I (perforación en hileras 12 y 9) nos encontramos con el problema de haber utilizado todas las posibles combinaciones de posición de dígito con la hilera 12, por lo que, para la siguiente letra, la J, necesitamos utilizar la hilera 11, y la codificaremos como una perforación en la hilera 11 y una perforación en la hilera 1. Continuamos con la letra K (hileras 11 y 2) hasta la letra R (hileras 11 y 9), en donde volvemos a cambiar de hilera en la posición de zona. Utilizamos así la hilera 0 y la hilera 2 para la siguiente letra, la S,[5] hileras 0 y 3 para la T, etc.

Los símbolos utilizan dos o más hileras (generalmente tres) y no existe una convención universal para su codificación, pues cada fabricante los define de acuerdo con sus propias conveniencias.

[5] Nótese que no se usa la combinación hilera 0 con hilera 1; esto se debe a que las primeras máquinas podían tener un error de lectura (las perforaciones estaban demasiado cerca una de otra); además, el cartón usado entonces no era tan bueno como el actual y dos perforaciones consecutivas debilitaban la tarjeta. Actualmente sería posible utilizar esta combinación, pero ya no se obtendrían ventajas y, en cambio, presentaría problemas para modificar las máquinas ya existentes.

La tarjeta UNIVAC [2]

Mide exactamente lo mismo que la tarjeta de IBM. Se diferencia de ésta el sistema de codificación y la distribución de las columnas (además, la tarjeta UNIVAC tiene perforaciónes circulares en lugar de rectangulares). Las tarjetas UNIVAC se dividen en 45 columnas de 12 hileras cada una; la codificación utiliza únicamente 6 hileras para representar un carácter (número, letra o símbolo) por lo que cada tarjeta puede contener hasta 90 caracteres. Como el código de UNIVAC no sigue una secuencia lógica, es difícil de aprenderse. Actualmente este tipo de tarjeta ha caído en desuso. En la figura 5.5 se muestra una tarjeta de este tipo con el código usado.

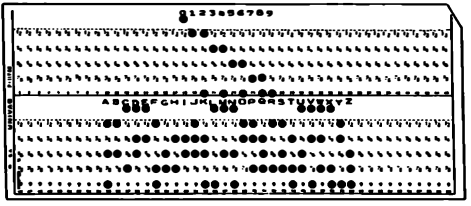


Figura 5.5. Tarjeta UNIVAC.

La tarjeta del sistema 3 [9]

Fue introducida al mercado hacia 1970 con la intención de reducir el tamaño de los archivos de tarjetas; mide 8.25 cm de largo y 6.65 cm de ancho, tiene 32 columnas de 18 hileras cada una y utiliza únicamente 6 de ellas para codificar un carácter, por lo que cada tarjeta puede contener hasta 96 de éstos.

La disminución de tamaño se logra utilizando perforaciones redondas relativamente pequeñas (aproximadamente de 1 mm de diámetro) y muy cercanas unas de otras. Para la codificación se divide cada grupo de 6 hileras en una parte de zona (hileras A y B) y una parte de dígito (hileras 1, 2, 4 y 8); esta última constituye una modalidad del código BCD, por ejemplo: el número 5 estará representado por una perforación en la hilera 4 y una perforación en la hilera 1, lo cual puede interpretarse como 4 + 1 = 5. Para codificar las letras y los símbolos se introducen las hileras A y B (parte de zona), tal como se muestra en la figura 5.6. Nótese que el código de ceros y unos se traduce en no perforación y perforación en cada posición de la tarjeta.

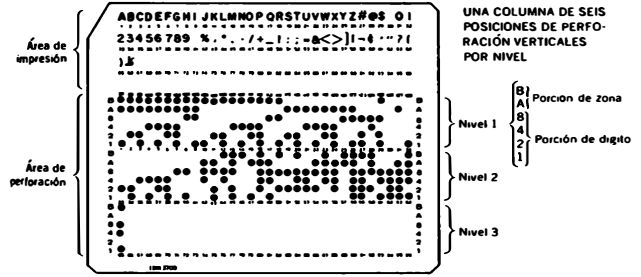


Figura 5.6. Tarjeta IBM, sistema 3 (Cortesía de IBM de México).

Diferentes modelos de tarjetas

Las tarjetas IBM (las más comunes actualmente), puede ser de diferente modelo [10] de acuerdo con la aplicación de que se trate:

Enlace (fig. 5.7)	De talón (fig. 5.10)
Marcas sensibles (fig. 5.8)	Dobles (fig. 5.11)
Portapunch (fig. 5.9)	Microfilm (fig. 5.12)

Enlace. Tales tarjetas están diseñadas para que una parte de las mismas se utilice como documento-fuente; o sea, que se escriba sobre ella la información que posteriormente se perforará en otra parte de la tarjeta. Este diseño resulta conveniente ya que evita tanto el manejo de un documento adicional, como confusiones por manejo innecesario de papeles en los casos en que la tarjeta ya ha sido perforada y se añade información adicional; por ejemplo, una orden de trabajo puede emitirse en una tarjeta, y el operario puede anotar directamente sobre la misma el tiempo realmente utilizado y otros datos pertinentes.

Marcas sensibles. Estas tarjetas sirven para recolectar información directamente; constituyen un documento-fuente ya que la información se registra por medio de marcas hechas sobre la tarjeta con un lápiz electrográfico. Estas marcas son leídas por una máquina,[6] la cual perfora sobre la misma tarjeta la información leída; son muy convenientes para ciertas aplicaciones (encuestas, lectura de medidores, etc.) ya que se elimina la perforación manual, lenta y sujeta a errores.

[6] Hewlett-Packard elabora una variante de estas tarjetas. Son marcadas con un lápiz común y leídas por una lectora de tarjetas, sin necesidad de perforaciones.

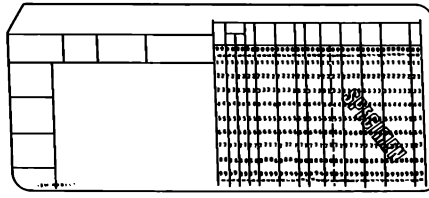


Figura 5.7. Tarjeta de enlace.

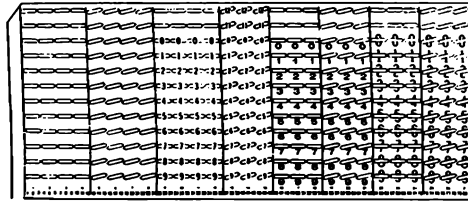


Figura 5.8. Tarjeta de marcas sensibles.

Portapunch. Tiene las mismas ventajas y aplicaciones que las anteriores, pero utilizan un procedimiento diferente. La tarjeta se perfora manualmente con un punzón sobre una esponja. Las posiciones que pueden perforarse están indicadas en la propia tarjeta (preperforación) y basta quitar con el punzón el rectángulo que cubre la perforación; es decir, no se requiere una máquina para perforarlas, como en el caso de las tarjetas de marcas sensibles, pero se necesitan aparatos portátiles para facilitar la perforación. No se recomienda su uso con lectoras rápidas.[7]

De talón. Estas tarjetas pueden dividirse en dos secciones; se idearon para usarse como facturas; es decir, se elaboran tales facturas sobre tarjetas de este tipo (por ejemplo, los recibos de luz); al cobrar se entrega una parte al cliente y el talón se regresa para contabilizar la operación.

Dobles. Muchas veces las tarjetas no utilizan las 80 columnas disponibles; si se usan menos, puede emplearse este tipo de tarjetas con gran ahorro. Se

[7] Esto se debe a que las lectoras de alta velocidad usan un sistema de celdas fotoeléctricas muy sensibles, que pueden aceptar ocasionalmente las preperforaciones como perforaciones.

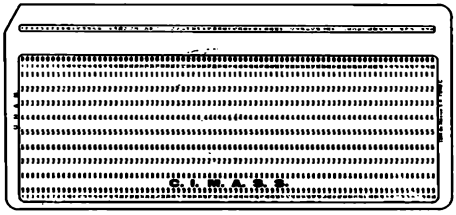


Figura 5.9. Tarjeta portapunch.

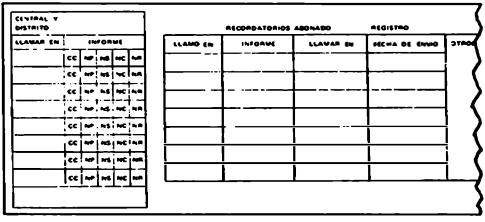


Figura 5.10. Tarjeta de talón. (Cortesía de la Compañía Atlantic Richfield.)

utilizan las primeras 40 columnas (o menos) y posteriormente basta con voltear la tarjeta para disponer de otras 40 columnas.

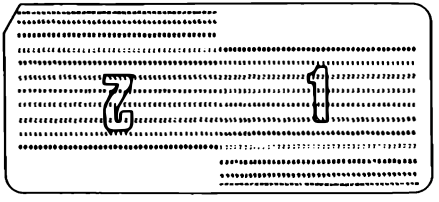


Figura 5.11. Tarjeta doble.

Microfilm. Éstas se utilizan cuando se requiere guardar un documento completo. Se reserva en la tarjeta una parte para insertar un microfilm y el resto se utiliza para registrar información que permita localizar y describir el documento fotografiado.

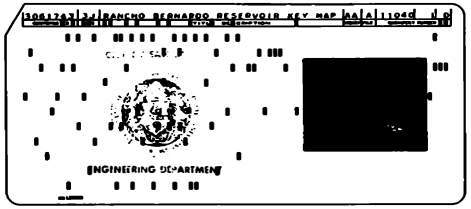


Figura 5.12. Tarjeta con microfilm.

REGISTRO UNITARIO

Entendemos por registro unitario un sistema en el cual uno o más documentos contienen los datos relativos a una sola transacción. Este concepto representó un gran avance en la tecnología del manejo de la información ya que permitió: *a*) estandarizar los datos y registrarlos con una codificación específica, pudiendo así operar sobre ellos de manera uniforme; *b*) usar el mismo archivo varias veces; *c*) reacomodar las transacciones en diferentes formas: por número de pedido, por cliente, por artículo, etc.; *d*) correlacionar diferentes archivos; y *e*) diseñar máquinas que realizaran estas operaciones rápida y eficientemente. Los documentos más conocidos dentro de este sistema son las tarjetas perforadas.

Diseño de las tarjetas

Cuando se decide mecanizar una operación por medio de registro unitario, es de capital importancia diseñar las tarjetas que usará el sistema. El diseño de las tarjetas se refiere a dos aspectos diferentes: 1) diseño físico y 2) contenido de información.

1. El diseño físico indica cómo serán las tarjetas en su apariencia. A este respecto existen varias posibilidades, todas ellas enfocadas hacia una facilita-

ción del manejo manual de las tarjetas. Nótese que las máquinas no detectan ninguna de estas variaciones que son simples auxiliares para facilitar la labor del operador [10].

a) *Color.* Pueden obtenerse las tarjetas en cartulina de diversos colores, lo cual facilita la identificación de archivos; por ejemplo, las tarjetas maestras, azules y las de detalle, amarillas; lo que evitaría confundir los archivos.
b) *Esquinas.* Quien haya visto una tarjeta perforada habrá notado un corte diagonal en una de las esquinas. Este corte sirve para identificar cuál es el frente de la tarjeta y cuál es la parte superior o inferior de la misma.

2. Considerando que las tarjetas perforadas se utilizan para miles de aplicaciones diversas, resulta obvio que la información que contienen variará en cada caso y no sólo eso, sino que para la misma aplicación es muy raro que se usen tarjetas iguales en dos organizaciones diferentes. Por supuesto que la eficiencia del sistema dependerá, en parte, del diseño que se tenga.

Con objeto de diseñar el contenido de información de una tarjeta y en general, de un registro, se deben cumplir diversos requisitos:

a) Conocer la aplicación y el uso que tendrá la tarjeta; o sea, saber qué se hará con ella y cómo. Es importante considerar no sólo las exigencias actuales, sino también las futuras.
b) Conocer los principios de diseño de formas para que la tarjeta se adapte a los formularios existentes o se modifiquen éstos, adaptándolos a los requerimientos del problema.
c) Conocer los principios de operación de las máquinas que intervienen en el proceso.
d) Contar con experiencia práctica y suficiente capacidad de análisis.

El diseño consiste en varias operaciones que se describen a continuación: [9, 10, 24].

Determinación de los datos que se incluirán en la tarjeta

En este punto se debe considerar esencialmente los objetivos que se persiguen con la aplicación en particular (qué información debe producirse y qué datos se necesitan para lograrla). En el capítulo 12 se presenta un estudio más detallado de estos aspectos.

Tamaño de los campos

Deberá decidirse con base en el número máximo posible de caracteres requeridos para cada dato. Si el número total de columnas requeridas por una

transacción supera las 80 disponibles en una tarjeta, se puede tratar de reducir este total, abreviando la información por medio de claves; por ejemplo, es preferible utilizar una clave-cliente de 4 ó 5 cifras, al nombre completo que podría requerir 25 ó 30 columnas.

Ordenación de los campos

Siempre que sea factible, debe tratarse de captar los datos con el mismo orden que tienen en el documento-fuente; esto facilita y acelera notablemente el trabajo de perforación y disminuye la posibilidad de errores.

Como sugerencia adicional debemos indicar que cuando se usen varios archivos combinados, será preferible diseñar primero las tarjetas con mayor movimiento y adaptar a este diseño las tarjetas de los demás archivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Anderson, L. K., et al., "Self Checking Digit Concepts", *J. Systems Management*, vol. 25, núm. 9. pág. 36, 1974, SEP.
[2] Arnold, R. R., Hill, Harold C., et al., *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.
[3] Barquin, R. C. y Meador, C. L., *Cultura Differences and Information Systems Technology*, Sloan School Mgmnt., M. I. T., 1978.
[4] Beer, S., *Brain of the Firm*, J. Wiley, Chichester, 1981.
[5] Bingham, J. E. y Davies, G. W. P., *A Handbook of Systems Analysis* Macmillan Press, Londres, 1978.
[6] Blanco Illescas, F., *El control integrado de gestión*, Limusa, México, 1976.
[7] Burch, J. G. y Strater, F. R., *Information Systems*, Hamilton Pub. Co., California, 1974.
[8] Clark, F. J., Gale, R., et al., *Procedimientos informáticos en sistemas empresariales*, Prentice-Hall, Bogotá, 1973.
[9] Crawfor, F. R., *Business Systems With Punched Card Data Processing and S/3*.
[10] Eurequip, *Iniciación al computador*, Editorial Técnicos Asoc., Barcelona, 2.ª ed., 1967.
[11] Gueroult, M., (Dir.). *El concepto de información en la ciencia contemporánea*, Siglo XXI, México, 1970.
[12] Hartman, W., Matthes, H., et al., *Management Information Systems Handbook*, McGraw Hill, Nueva York, 1972.
[13] Heath, F. G., "Origins of the Binary Code", *Scientific American*, vol. 227, núm. 2, pág. 76, agosto 1972.
[14] Huffman, D. A., "A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes", *Proc. Ire*, vol. 40, pág. 1098, 1952, SEP.
[15] I. S. O., UNESCO, *ISO Standars Handbook 1: Information Transfer*, Ginebra, Int. Org. Standarization, 1977.
[16] IBM, "La tarjeta y su diseño", *IBM*.
[17] Jordain, P. B., et. al., *Condensed Computer Encyclopedia*, McGraw-Hill, Nueva York, 1969.
[18] Knuth, D. E., "Fundamental Algorithms" *The art of Computer Programming*: vol. 1, Addiso-Wesley, Massachusetts, 1973.
[19] Langefors, B., Samuelson, K., *Information and Data in Systems*, Petrocelli, Nueva York, 1976.

[20] Laurie, E. J., *Modern Computer Concepts*, South-Western, Cincinnati, 1970.
[21] Martino, R. L., *Sistemas de información para directivos de empresas*, Editorial Técnica, México, 1970.
[22] Mc Rae, T. W. (Dir.), *Management Information Systems*, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[23] Microdata Corp, "The Communications Handbook", Microdata, Irvine, Cal., 1973.
[24] Murdick, R. G. y Ross, J. E., *Introduction to Management Information Systems*, Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1977.
[25] Pretovich, N., *Hablemos de informática*, Editorial Mir, Moscú, 1976.
[26] Price, W. T. y Miller, M., *Elementos de matemáticas de proceso de datos*, CECSA, México, 1969.
[27] Prince, T. R., *Information Systems for Management Planning and Control*, R. D. Irwin, Inc., Illinois, 1970.
[28] Raisbeck, G., *Information Theory*, Ed. M. I. T., Massachusetts, 1970.
[29] Rouquerol, M., *Ordinateur el Decentralisation Des Decisions*, E. Modernes D'Edition, París, 1968.
[30] Sanders, D. H., *Computers and Management*, McGraw Hill, Nueva York, 1970.
[31] Freeman, W. H., "Information", *Scientific American*, San Francisco, 1966.
[32] Shannon, C. F., "A Mathematical Theory of Communication", *Bell Syst. Tech. J.* vol. 27, pág. 379, julio 1948.
[33] Singh, J., *Teoria dell'Informazione: Linguaggio e Cibernetica*, Ed. A Mondadori, Milán, 1969.
[34] Trajtenbrot, B. A., *Introducción a la teoría matemática de las computadoras* Siglo XII, México, 1970.
[35] Yovits, M. C., Rose, L. L., et al., *Development of a Theory of Information Flow and Analysis*, Ohio State University, Columbus, Ohio, documento Osu-CISRC-TR-77-12, agosto 1977.

Parte II

Cómputo electrónico

6

Introducción a la computadora electrónica

GENERALIDADES

Por sus características, la computadora electrónica desplaza al hombre de actividades que unos cuantos años atrás se consideraban exclusivas de su intelecto. Esta máquina puede llevar a cabo un sinnúmero de trabajos de muy diversas áreas y especialidades. Hay plantas completas que se manejan totalmente por cómputo electrónico: diagnósticos médicos se dan con rapidez extraordinaria con el auxilio de las computadoras, todo banco de importancia controla sus movimientos por medio de máquinas cibernéticas, etc.

Para lograr los procesos requeridos en un sistema, la computadora se vale de una estructura de circuitos electrónicos integrados y acoplados a mecanismos de entrada/salida (*hardware*) y de instrucciones programadas con base en algoritmos[1] (*software*), las cuales se depositan en un área reservada para ello y a la que se denomina *memoria*.

Una computadora está integrada por varios componentes, que pueden resumirse en cuatro tipos: una unidad central de proceso, unidades de entrada, unidades de salida, y unidades de entrada/salida (véase figura 6.1). Estas

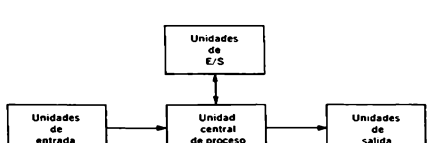


Figura 6.1

[1] Véase el capítulo 9.

unidades varían según la marca y el modelo que demande el usuario, de acuerdo con sus necesidades.

La unidad central de proceso realiza las operaciones necesarias con base en un programa para resolver un problema determinado. Lo relativo a dicha unidad se trata en el capítulo 7.

Las unidades de entrada/salida manejan medios en los que previamente se han almacenado datos para que puedan usarse en los diferentes procesos que realiza la unidad central de proceso (UCP).[2] A estos dispositivos se les conoce como "almacenamiento secundario". Las unidades de entrada/salida se revisan en el capítulo 8.

Las instrucciones se dan en un lenguaje que puede entender la computadora y, por lo general, son traducidas previamente de un lenguaje simbólico, que fácilmente entiende el hombre.

Las computadoras electrónicas han tenido un desarrollo vertiginoso; hace apenas 35 años empezaron a proliferar y hoy constituyen la base del desarrollo de un país. Medwin D. V. señaló que el poderío económico de un país es proporcional al número de computadoras que tenga.[3] En México se cuenta, en la actualidad, con más de 2 000 sistemas cómputo.[4]

La computadora electrónica se distingue de la máquina contable clásica por el hecho de que maneja procesos no sólo aritméticos, sino también lógicos; éstos se realizan automáticamente a través de algoritmos.

GENERACIONES DE COMPUTADORAS

Las computadoras electrónicas han definido tres etapas, con cierta precisión de límites, entre una y otra. A estas etapas se les ha dado en llamar "generaciones". (Véase tabla 6.1.)

Primera generación

Los equipos de la primera generación (1945 a 1951-53), se caracterizaron por estar construídos esencialmente con válvulas o bulbos al vacío; casi no disponían de programas de apoyo y sus equipos periféricos eran lentos y poco eficaces. La anterior ocasionaba una elevación de los costos, y en las probabilidades de falla, dificultad para su uso, alto consumo de energía, gran disipación de calor y bajas velocidades de operación [2].

Segunda generación

Las máquinas de la segunda generación (1952-54 a 1963-65), se destacan por el uso de transistores; empiezan a contar con equipos periféricos más

[2] Algunos autores usan las iniciales del nombre en inglés: CPU (Central Processing Unit).
[3] Medwin, D.V.: Conferencia en el National Carbure Center, Nueva York, junio 1969.
[4] Citamos aquí sistemas denominados de mayor capacidad, distinguiéndolos de los de menor capacidad, como las microcomputadoras.

adecuados, disponen de lenguajes que facilitan su uso, y su costo resulta más accesible. Esto derivó en una mayor aceptación y difusión de los equipos de cómputo. Entre los beneficios adicionales aportados por la introducción de los transistores, se cuentan: mayor confiabilidad, menos pérdidas de energía en calor, mayor velocidad de proceso, y menor espacio requerido [7].

Tabla 6.1. Capacidades y limitaciones de cada generación.

Generación	*Capacidad de almacenamiento primario*	*Capacidad de almacenamiento secundario*	*Velocidades de acceso a los datos en memoria*	*Equipo periférico asociado*
1ª	2 K a 30 K	de 100 K a 20 000 K	(Orden de magnitud) 10^{-2} seg	Lectora y perforadora de tarjetas, discos y cintas, impresoras.
2ª	de 8 K a 226 K	de 800 K a 300 000 K	(Orden de magnitud) 10^{-4} seg	Lectoras y perforadoras de tarjetas, discos, cintas, tarjetas, magnéticas, cintas de papel perforado, tambores, terminales.
3ª	de 16 K a 1 000 K	de 1 600 K a 10 000 000 de K	(Orden de magnitud) 10^{-7} seg	Lectoras y perforadoras de tarjetas, discos, cintas, tarjetas magnéticas, tambores, terminales remotas, terminales de acceso directo, lectores de caracteres ópticos, lectores de caracteres magnéticos, pantallas de video.
4ª	16k hasta decenas de milesde ks	permanece en el mismo rango que en 1 a 3a	(Orden de magnitud) 10 seg	Lectoras de cintas y discos, minidiscos, minicintas, terminales remotas, multiprocesadores en red modems especializados, impresoras de alta velocidad y diversificación de tipos, pantallas de video en color, graficadores, sintetizadores musicales, sintetizadores de voz, reconocedores de caracteres ópticos y magnéticos.

Nota: Un K equivale a 1024 posiciones direccionables. Los datos de esta tabla no son exactos, sino indicativos únicamente.

Tercera generación

Las computadoras de la tercera generación (1962-65 en adelante), se distinguen por estar constituidas por circuitos monolíticos integrados [10] (circuitos con miles de transistores encapsulados en una pequeña pieza de semiconductor). Por otro lado, con ellos se generaliza el concepto de "sistema operativo" o programas básicos de control del equipo. También mejoran los dispositivos periféricos. Estos avances implicaron entre otras ventajas: menores costos, mayores velocidades, menor gasto de energía, menores requerimientos de espacio, mayor facilidad de uso, aprovechamiento más eficiente del equipo; y posibilidades de utilizar teleproceso y tiempo compartido.

Si bien la última generación se distingue claramente de las dos anteriores, la realidad es que desde su aparición hasta hoy, también ha sufrido cambios notables; esta situación ha propiciado que algunos autores califiquen tal hecho como la aparición de una cuarta generación de computadoras electrónicas.

Cuarta generación

Puede decirse que el surgimiento de la cuarta generación fue más silencioso que el de las tres que le anteceden; esto incluso propició una división de opiniones en torno no sólo a la definición de los elementos que la distinguen, sino que muchos especialistas en computación, a finales de la década de los setenta, consideraban que aún no existían elementos para hablar de una cuarta generación.

Con todo, desde fines de los setenta, un buen número de especialistas y fabricantes aceptan ya la aparición de la cuarta generación de computadoras. La principal característica de estas computadoras es la introducción de los circuitos integrados a muy alta escala, denominados en inglés VLSI[5]. Con esta tecnología, se logra una muy alta densidad de circuitos, de 100 000 componentes o más por chip[6]. Dados los adelantos tecnológicos de integración, las velocidades de proceso de las computadoras de la cuarta generación se miden en un rango de 1 a 10 nanosegundos. Junto con estos adelantos en circuitos integrados se desarrollan mejores técnicas y medios de almacenamiento; se introduce el empleo intensivo de minidiscos y cartuchos magnéticos, y se desarrollan sistemas de impresión de alta calidad y gran velocidad.

En cuanto al sftware, las computadoras de cuarta generación se distinguen por el surgimiento de mejores y nuevos lenguajes de programación y eficientes paquetes de aplicación de uso inmediato.

La evolución de las computadoras de la cuarta generación, con el apoyo tecnológico que se le ha brindado a partir de la década de los setenta, ha permitido, más que un cambio en la filosofía de la computación electrónica, un mejor acceso a su uso y facilidad de adquisición. La reducción en tamaño de

[5] VLSI deviene de very large scale integration.
[6] Delgada oblea de silicio, en la que se insertan circuitos integrados del tipo VLSI.

los elementos que integran a una computadora y su abaratamiento han permitido que surjan nuevos equipos pequeños orientados al uso personal; esto es, se ha dado origen a la manufacturación a gran escala de microcomputadoras. Estos son equipos cuyos elementos básicos, en algunas marcas, tiene un costo menor de 100 dólares en Estados Unidos.

Las microcomputadoras son sin duda uno de los equipos distintivos de la cuarta generación. Surgen a principio de la década de los ochenta y poco a poco han ido penetrando en el mercado, de manera que su aparición ha hecho que las computadoras incursionen por primera vez en campos que hasta ahora estaban fuera de su alcance o aceptación como son, entre otros, la música, el diseño gráfico, la pintura, la escritura de textos y el control de máquinas de manufacturación. Con las microcomputadoras se propicia una herramienta de apoyo educativo [17], con la cual el alumno puede interactuar y potenciar la ejecución de tareas que tradicionalmente se han realizado en el papel. El investigador cuenta con un nuevo instrumento que, cuando lo domina, le permite mejorar la estructura lógica de sus investigaciones y simplificar su trabajo. Al ejecutivo le proporciona un medio de acceso inmediato para trabajar información confidencial, sin necesidad de esperar a que otros la procesen por él. Al usuario que la obtiene por entretenimiento, además de juegos computarizados, le permite tener una herramienta que potencialmente puede ayudarle a llevar los registros de asuntos domésticos, cuentas, gastos, presupuestos, etcétera.

Quinta generación

El desarrollo de las computadoras en los últimos años ha propiciado una singular batalla entre varios países industrializados; en el primer mundo tal disputa ocurre fundamentalmente entre Estados Unidos y Japón, aunque otros países como Francia e Inglaterra realizan intentos por incorporarse a la nueva ola. Esta lucha es para colocarse a la vanguardia de los nuevos adelantos en materia de computación, sin lugar a duda porque esta tecnología será el sostén de la nueva vida cívicaa nivel mundial.

Así, desde fines de la década de los setenta, los países industrializados han robustecido sus industrias electrónicas, en especial las de equipos y elementos para la manufactura de computadoras. Las grandes cantidades dedinero que han destinado tanto Japón como Estados Unidos al desarrollo de nuevas y mejores tecnologías de cómputo, han llamado la atención de propios y extraños. Los japoneses fueron los primeros en lanzar un desafío abierto al presentar, a principio de la década de los ochenta, un proyecto de desarrollo denominado "Quinta generación". Este proyecto conlleva el intento de producir computadoras realmente inteligentes, sistemas que se puedan programar con lenguajes naturales mediante los cuales sea posible conversar. Por ejemplo, una idea de este proyecto es una máquina traductora capaz de manejar múltiples lenguajes, con un vocabulario total de alrededor de 100 000 palabras. Se espera que este sistema pueda operar en la década de los noven-

ta con un 90% de exactitud, dejando el 10% remanente al usuario. De esta manera, los sistemas telefónicos estarán en posibilidad de realizar traducciones casi instantáneas. Se estima que la inversión japonesa destinada al proyecto de quinta generación para el periodo de 1982-1984, es de alrededor de 450 millones de dólares.

En octubre de 1981, en una conferencia internacional que tuvo lugar en Tokio, los japoneses invitaron a los países de occidente a discutir las ideas que están detrás de este proyecto, e indicaron que tal colaboración era crucial para el éxito de las computadoras de la quinta generación [25, 28].

De este modo, Estados Unidos ha observado a la quinta generación no sólo como un proyecto de avance, sino que les ha preocupado, sobre todo por las ventajas comerciales que ofrecen este tipo de desarrollos. Por ello, tanto el gobierno estadounidense como las principales compañías manufacturadoras de computadoras en ese país, han empezado una carrera competitiva, para lo cual se han establecido líneas de investigación y desarrollo que son financiadas con aportaciones tanto de empresas individuales como de grupos de éstas.[27]

Con todo, los japoneses han puesto como meta el año de 1991 para presentar el primer modelo prototipo de máquina de quinta generación, la cual tendrá entre otras, las siguientes características: [21]

a) Nuevas tecnologías de fabricación, basadas en sustancias posiblemente diferentes al silicón.
b) Desarrollo de lenguajes simbólicos para manejar símbolos y estructuras lógicas; como por ejemplo PROLOG y LISP. [18]
c) Énfasis en nuevas arquitecturas de máquina enfocadas al flujo de datos.
d) Nuevos métodos de uso amistoso para interactuar con la computadora, como son: reconocimiento de voz, reconocimiento de patrones, sintetizadores de voz y procesamiento de lenguajes naturales.
e) Inteligencia artificial dirigida a la resolución de problemas, la representación del conocimiento, las decisiones inferenciales y los sistemas expertos.

Sin duda que el éxito de un proyecto como el de la quinta generación depende de muchas disciplinas y tecnologías diferentes. No obstante, aun si no se alcanza la meta de lograr un primer prototipo para 1991, con toda seguridad el esfuerzo que se realiza dejará una buena cantidad de innovaciones en camino.

La tabla 6.2 muestra las principales áreas de evolución entre las primeras máquinas de la tercera generación y las actuales.

Puede decirse que las diferencias fundamentales entre las computadoras que iniciaron la tercera generación y las actuales (denominadas de cuarta), recaen en aspectos de Sofware más que de Hardware, aunque la incorporación de memorias de semiconductores ha significado un avance considerable, así como también la producción de memorias de sólo lectura con programas especializados.

Tabla 6.2. Evolución de las computadoras de tercera a cuarta generación.

Características	*Periodo 1963-65*	*Periodo 1982-83*
Componentes electrónicos	Microcircuitos	Microcircuitos de alta densidad
Velocidad	Microsegundos	Nanosegundos
Memoria	Núcleos magnéticos	Semiconductores
Operación	En lotes	• Interactiva • Proceso distribuido
Lenguajes	Compiladores	• *Compiladores* mejorados • Intérpretes
Sistemas operativos	Primitivos	Avanzados
Memorias secundarias	Principalmente cintas magnéticas	Principalmente discos magnéticos

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Las mejores ventajas que ofrece una computadora electrónica son: [3].

a) Gran velocidad de proceso.
b) Alta calidad de la información obtenida.
c) Menor probabilidad de error.
d) Reducción en el costo por el manejo de los sistemas de información de la organización.
e) Automaticidad en la operación.

Estas ventajas deben considerarse siempre en función del costo del equipo. Por ejemplo, sabemos que cualquier sistema de información procesado electrónicamente tendrá las ventajas antes mencionadas, pero si se trata de una organización con un sistema de información que tiene un bajo volumen de datos por procesar, un reducido número de operaciones de proceso, pocos registros y no requiere velocidades de respuesta muy altas, el uso de una computadora haría costosísimo el proceso; además, si se trata de un volumen muy reducido de datos, puede significar que estamos empleando la máquina computadora en forma *inadecuada*.

Las desventajas al adquirir una computadora electrónica están condicionadas por:

a) Aspectos de desarrollo tecnológico. En virtud de la rápida evolución de las computadoras electrónicas, fácilmente podría registrarse un

cambio que hiciera obsoleta la computadora instalada inicialmente: inoperante en cuanto a forma de proceso, capacidad y costo.

b) Aspectos de personal capacitado. La facilidad cada vez mayor de obtener una computadora, implica que cada día habrá más organizaciones que usufructúen una, lo cual acarrea la necesidad de contar con técnicos que puedan manejar estos equipos. Todo resultaría sencillo si el desarrollo de las computadoras fuese lento, pero la realidad es que este rápido desarrollo acarrea una desventaja, ya que dado el mercado de trabajo, se está siempre a expensas de gente con insuficiente experiencia en este campo.

CAPACIDADES

He aquí algunas de las capacidades más significativas de la máquina computadora de tercera generación:

a) Se autogobierna.
b) Requiere pocas intervenciones del operador.
c) Autodiagnostica la ocurrencia de fallas eléctricas o mecánicas.
d) Realiza trabajos en secuencia, sin detenerse.
e) Tiene un fuerte soporte en cuanto a lenguajes de programación para procesar datos.
f) Cuenta con sistemas operativos muy avanzados que permiten una mejor utilización de la computadora.

Los incisos *a*) a *d*) se refieren al uso de la computadora en forma dinámica, considerando tanto sus componentes de hardware como de software. Los incisos *e*) y *f*) señalan solamente aspectos de software.

TIPOS

Analógicas y digitales

De acuerdo con su forma de operación y su construcción, las computadoras se dividen en dos categorías generales: analógicas y digitales [3].

Las computadoras analógicas tratan con cantidades no discretas y continuamente variables. Su precisión es limitada debido a sus componentes.

Resulta fácil programar la computadora analógica para problemas de diseño en donde se simulan fenómenos reales; por ejemplo, es posible mediante una de estas máquinas, representar las variables que intervienen en la erosión que producen las mareas, el aire y la lluvia sobre una cierta región y simular el efecto de estos elementos naturales con un modelo programado y procesado por la computadora [8].

La computadora analógica difícilmente puede alterar su propio compor-

tamiento (de acuerdo a un patrón proporcionado por el hombre) cuando procesa el problema planteado.

Otra característica de estos equipos es que los procesos se llevan a cabo en paralelo,[7] mientras que en los digitales se realizan en serie.

Por otra parte, la computadora digital trata con cantidades discretas. Su precisión es mayor que la de la computadora analógica; sin embargo, no puede decirse que uno de estos dos tipos de computadora sea superior al otro; cada aparato está destinado a situaciones particulares, y en muchos trabajos se complementan.

La computadora digital puede ajustarse a nuevas situaciones [13]; en otras palabras, puede cambiar su comportamiento cuando se encuentra realizando un proceso.

En lo sucesivo nos referiremos sólo a las máquinas digitales, ya que las analógicas se emplean principalmente en problemas relacionados con las ciencias naturales.

La computadora, al operar casi enteramente sobre principios electrónicos, permite que se logren altas velocidades de proceso, lo cual representa una gran ventaja sobre las calculadoras mecánicas.

Para operar, la computadora requiere una descripción de los procesos que debe ejecutar; estas instrucciones pueden suministrarse a la computadora por diferentes medios; cuando esta secuencia de instrucciones se almacena en la memoria del procesador, se dice que la máquina es programada internamente; o sea, que por medio de un programa almacenado en la memoria principal, la computadora procesará todos los datos que se le alimenten.

Generales y de propósito especial

Las computadoras pueden construirse para propósitos especiales o generales [21]. En el primer caso se requieren sistemas de proceso enfocados a problemas de carácter especial, como puede ser el lanzamiento de cohetes al espacio, los equipos de control de máquina herramienta, etcétera.

Las computadoras de propósitos generales se diseñan para resolver problemas diversos que se presentan frecuentemente en casi cualquier organización.

En lo sucesivo haremos referencia sobre las computadoras de propósitos generales.

Científicas y comerciales

Las computadoras digitales de propósito general pueden desarrollar una amplia gama de trabajos; sin embargo, existe cierta orientación en cuanto al tipo de problemas que se resuelven con ellas; así distinguimos dos formas de orientar las computadoras digitales: científica y comercialmente.

[7] Significa que varias operaciones se llevan a cabo al mismo tiempo.

La computadora científica, por lo general se emplea para resolver problemas en los que predominan los cálculos. La computadora comercial es más efectiva para problemas de tipo rutinario en los que predominan actividades de entrada/salida[8] y existen pocos cálculos.

Las diferencias entre estos dos tipos de computadoras se muestran en la tabla 6.3.

Tabla 6.3

Computadora	*Operaciones de entrada/salida*	*Tiempo de proceso en relación con la entrada y salida*
Científica	Pocas	Alto
Comercial	Muchas	Bajo

Una computadora orientada científicamente, se diseña en forma tal que su velocidad de proceso interno resulta la mayor posible. Por otra parte, la computadora orientada comercialmente se diseña con el propósito de que sus dispositivos de entrada/salida sean lo más rápido de acuerdo con las necesidades del usuario (ya que a mayor velocidad generalmente corresponde un mayor costo).

Debemos indicar que, en realidad, cualquier computadora de propósito general puede usarse tanto para problemas científicos como comerciales, o ambos.

Grandes y pequeñas

Podemos distinguir básicamente dos tipos de computadoras de acuerdo con su diseño estructural: *a*) Las de gran estructura, *b*) las de pequeña estructura.

Las computadoras de gran estructura pueden dividirse en grandes, medianas y pequeñas; las computadoras de pequeña estructura, en minicomputadoras y microcomputadoras.

En realidad, en términos técnicos, esta división es más bien arbitraria. En el apéndice B: mini y microcomputadoras, se desarrolla un esquema y criterios generales de clasificación.

ENTRADA DE DATOS

En la figura 4.1 (capítulo 4), podemos observar que el equipo de cómputo abarca principalmente las funciones de proceso y de almacenamiento de un sistema de información, aunque generalmente también incluye aspectos de entrada, de salida, y de trasmisión.

[8] Debemos hacer notar que no existen dos clases de computadoras sino que un mismo tipo de computadora puede ser orientado científica o comercialmente según las aplicaciones a procesar.

En general, la función de entrada es uno de los aspectos que pueden presentar problemas serios [20]. Por este motivo, ha recibido atención especial, habiéndose desarrollado diversos mecanismos y sistemas especializados en este campo, particularmente en lo relacionado con recolección y conversión. Dedicaremos por lo tanto algunas páginas a estos dos aspectos.

RECOLECCIÓN

Mecanismos y medios

Los datos, para ser procesados en un sistema de cómputo electrónico, deben ser recolectados en su fuente de origen: esta recolección puede realizarse de muy diferentes maneras.[9]

a) en registros escritos a mano
b) en registros escritos a máquina,
c) en tarjetas de marcas sensibles,
d) en documentos marcados con caracteres ópticos o magnéticos,
e) por medio de terminales, que conectan un dispositivo de recolección directamente a la computadora.

La velocidad del proceso y fluidez de un sistema electrónico depende en gran medida de los mecanismos y medios que se empleen para recolectar información.

Recolección manual y tipográfica

Para recolectar información a mano, bastará un sencillo utensilio como lo es un lápiz o una pluma; para realizar esto en forma tipográfica, se puede usar una máquina de escribir o algún mecanismo similar, como un reloj registrador, un sello, etcétera.

Recolección por medio de marcas sensibles u ópticas

Otro medio de recolectar datos consiste en utilizar documentos que puede leer directamente un dispositivo acoplado a la computadora o una máquina que realice operaciones previas al proceso de cómputo. En este caso el documento se marca previamente con lápiz o tinta especial y posteriormente se procesa. La máquina reconoce los diferentes caracteres o marcas por la posición que tienen en el documento.

[9] Aquí hemos destacado cinco de los más importantes medios de recolección; sin embargo, pueden encontrarse otros.

Recolección por caracteres ópticos y magnéticos

También se pueden recolectar datos por medio de máquinas que imprimen caracteres ópticos o magnéticos sobre documentos; el uso de éstas dependerá de la necesidad de procesarlos en forma más rápida y eficiente y de justificar su costo con resultados prácticos. (Véase capítulo 8).

Recolección por medio de terminales

Cuando se asocia una máquina de escribir a una terminal conectada en línea con una computadora, es posible introducir los datos en un sistema electrónico sin necesidad de convertirlos.

Los datos que una persona recolecta pueden mandarse en forma directa a la computadora, tecleando éstos sobre la terminal. Es posible que la terminal no funcione al mismo instante con la computadora; en tal caso, la información se convierte primero sobre cinta de papel, cinta magnética u otro dispositivo asociado a la terminal; de esta manera, cuando es menester enviar los datos a la computadora, la misma terminal moviliza el dispositivo asociado para que la trasmisión de datos se produzca.

Asociado a una terminal es posible tener un lápiz de luz el cual se usa en conjunción con una unidad de despliegue visual para introducir datos. Existen otras formas de recolección vía terminal como es el caso de las pantallas visualres que operan al tacto de los dedos. Es posible a través de éstas indicar, previa especificación, las opciones de datos por introducir.

CONVERSIÓN

Para que los datos puedan ser procesados por una computadora electrónica, es necesario que éstos le sean proporcionados en un código legible para la máquina. Cuando se recolectan generalmente se hace sobre documentos ya sea en forma manual o con algún dispositivo de impresión (sellos, máquinas de escribir, etc.); pero así sólo el hombre puede entenderlos, por lo tanto deben convertirse dichos datos en forma tal que la computadora pueda identificarlos, para automatizar el proceso [24].

Cuando los datos se recolectan por medio de documentos pero utilizando caracteres magnéticos u ópticos (que puede leer un dispositivo conectado a la computadora en forma directa o una terminal "en línea"), éstos son convertidos automáticamente por medio de codificadores y decodificadores sin necesidad de que el hombre intervenga en dicho proceso.

Una vez recolectados los datos en documentos-fuente, éstos son convertidos por máquinas especiales (por ejemplo, una perforadora de tarjetas), y transferidos a un medio de almacenamiento capaz de ser manejado por un dispositivo asociado a la computadora.

El trabajo de conversión consiste entonces en hacer llegar a la computadora los datos representados en forma tal que puedan ser manipulados por ésta. Puesto que los datos fuente se recolectan generalmente con lenguaje o formas de evocación del hombre, que no son propias de las computadoras, se requiere de un elemento que convierta una simbología humana en una de computadora [6]. La figura 6.2 representa esquemáticamente los elementos básicos del proceso de conversión.

Para introducir datos fuente a una computadora pueden seguirse dos tipos básicos de conversión: *a*) conversión simple; *b*) conversión en pasos sucesivos.

Figura 6.2

Conversión simple

La conversión simple consta de un sólo paso intermedio para introducir datos fuente a una computadora. El caso típico es el uso de terminales, que convierten los datos fuente tecleados, en impulsos digitales los cuales pueden suministrarse directamente a la computadora. El proceso se describe en la figura 6.3.

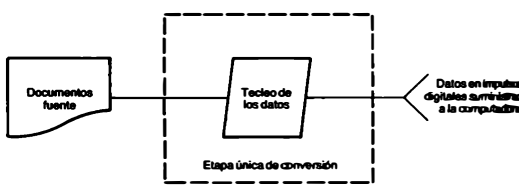


Figura 6.3. Conversión simple con el uso de una terminal.

Existen otras formas de conversión simple como pueden ser a través de documentos escritos con caracteres ópticos o de tinta magnética, marcas sensibles, etcétera. En cada caso particular de introducción de datos habráque explorar la manera más conveniente.

La conversión simple es apropiada cuando se requiere actualizar de inmediato los registros. Por ejemplo, las transacciones que operan los bancos

sobre las cuentas de cheques de sus cuentahabientes, deben procesarse al instante con el próposito de actualizar los saldos; en este caso, la conversión simple a través de terminales resulta apropiada. También cuando los datos fuente pueden ser predefinidos, la conversión simple es conveniente a partir de documentos marcados con caracteres ópticos o magnéticos; por ejemplo, los números de cuenta de un cliente preimpresos en los cheques.

Conversión en pasos sucesivos

La conversión en pasos sucesivos consta de dos o más etapas necesarias para introducir datos fuente a una computadora. El ejemplo clásico es el uso de las tarjetas perforadas; en este caso debe realizarse una primera etapa de conversión registrando datos de documentos-fuente en tarjetas perforadas con ayuda de una perforadora; una vez contenidos los datos en las tarjetas (mediante perforaciones), se efectúa una segunda etapa de conversión; una lectora de tarjetas asociada a la computadora se encarga de convertir los datos perforados en impulsos digitales, los cuales puede entender y manejar la computadora.

La conversión en pasos sucesivos tiene la ventaja de lograr un mejor control sobre trabajos voluminosos y una mayor eficiencia cuando se requiere procesar información "en lotes", y cuando el tiempo de respuesta no es muy importante.

En los últimos años se han vuelto comunes los equipos de captura de datos que graban sobre dispositivos magnéticos. Los más usuales almacenan en disco magnético los datos tecleados en terminales especializadas. Al terminar de captar el lote, la información se graba en cintas magnéticas que son transferidas a la computadora para que ésta las lea y las interprete. En la figura 6.4 se muestra en forma esquemática este proceso.

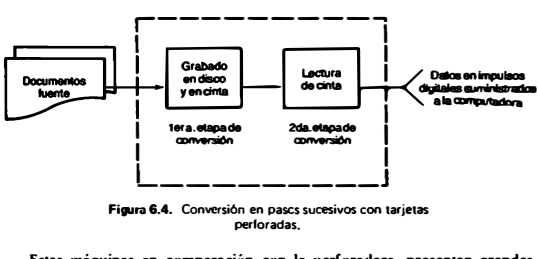


Figura 6.4. Conversión en pasos sucesivos con tarjetas perforadas.

Estas máquinas en comparación con la perforadora, presentan grandes ventajas: rapidez de respuesta, velocidad de duplicación, velocidad de salto.

Además, una cinta o disco puede ser regrabado un sinnúmero de veces, en cambio las tarjetas sólo pueden registrar datos una sola vez.

La mayor ventaja de una máquina grabadora de cinta o disco magnético, es que permite acelerar la entrada de datos en los procesos de cómputo, ya que con una lectora de cinta magnética, cualquier proceso puede empezar en forma acelerada sin necesidad de pasar por un cuello de botella como el que ocasiona, por su lentitud una lectora de tarjetas perforadas.

Las tendencias actuales se inclinan hacia una nueva modalidad de conversión, basada en el tecleo directo en una microcomputadora, la cual convierte, valida y almacena los datos, para posteriormente transferirlos a la computadora central. Esta modalidad distribuida presenta las mejores ventajas para muchos sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Abrams, Peter y Corvine, Walter, *Elementos de proceso de datos*, CECSA, México, 1970.

[2] Arnold, Robert R., Hill, Harold C. y Nichols, Aylmer V., *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.

[3] Awad, Elías M., *Proceso de datos en los negocios*, Diana, México, 1970.

[4] Becker B. Hal, *Análisis funcional de redes de información*, Limusa, México, 1977.

[5] Bellavoine, Claude. *Qu'est-ce qu'un ordinateur?*, Collection la Vie de l'entreprise núm. 2 Dunod Economie, 1969.

[6] Brabb J. George, *Computadoras y sistemas de información en los negocios*, Ed Interamericana, México, 1978.

[7] Cashman, Thomas J. y Keys, William J. *Data Processing & Computer Programming*, Canfield Press, San Francisco, 1971.

[8] Clark, John O. E., *Computadoras en acción*, Libro color núm. 5, Bruguera S.A., Barcelona, 1970.

[9] Control Data Corp, *Computers and Introduction*. Vol. 1, publicación 60048000, 1964.

[10] Couger J. D., McFadden F R, *First Course in Data Processing*, John Wiley & Sons, 1981.

[11] Davis, Gordon B., *Computer Data Processing*, McGraw-Hill, Book Co., Nueva York, 1969.

[12] Dirección de Estudios Administrativos, *El programa mexicano de reforma administrativa en materia de informática*, Secretaría de la Presidencia, 1972.

[13] Gregory, Robert H. y Van Horn Richard L., *Automatic Data-Processing Systems*, Wadsworth Publishing, Co., Inc., Belmont, California 2ª ed., 1967.

[14] Laden H.N. y Gildersleeve T.R., *Diseño de sistemas de computación*, Limusa, México, 1975.

[15] Laurie, Edward J., *Modern Computer Concepts*, South-Western Pub., Co., Cincinnati, Ohio, 1970.

[16] Martin, James., *Desing of Real-Time Computer Systems*, Prentice Hall, Inc., Englewood-Cliffs, Nueva Jersey, 1967.

[17] Mora J. L., Negrete J. Can a Learning Expertise System Become a Tutor?, Ponencia presentada en la "Sixth European Conference on Artificial Intelligence"; septiembre de 1984, Pisa Italia.

[18] Mora J. L., Lenguajes de aplicación a la Inteligencia Artificial revista CompuMundo 47 agosto de 1984, México.

[19] Murphy, John S., *Fundamentos de programación de computadoras digitales*, Limusa, México, 1970.

[20] Pilorge René., *Comprendre Pinformatique ce qu'il vous faut savoir*, J. Delmas et Cie., París, 1969.
[21] Presser Leon, Cárdenas Alfonso F. y Marín Miguel A, "Ciencias de la computación", *Tecnología de sistemas*, vol. 1, Limusa, México, 1972.
[22] Schmidt, Richard N. y Meyers William E. *Electronic Business Data Processing*, Holt Rinehart & Winston, Nueva York, 1963.
[23] Simons G. L., Towards Fifth-Generation Computers. The National Computing Centre, Manchester Inglaterra, 1983.
[24] Sisson Roger L. y Canning Richard G. *Información por computadoras*, Limusa, México, 1969.
[25] Solomon Irving I. y Weingart Laurence O. *Usos del computador*, Harper & Row Publ. Inc., Nueva York, 1970.
[26] Tanaka H., Intelligente Man/Machine Interface, Memorias de International Conference on Fifth Generation Computer Systems, octubre de 1981, Japón.
[27] Ulam Stanislaw M. "Computers", *Scientific American*, Septiembre 1964.
[28] Varios IBM, Rises to Japanese Challenge, revista New Scientist, julio 1982, pág. 304.
[29] Varios autores. *Diagnóstico de la función de informática en el sector privado de México*, trabajo recepcional. (Seminario de Investigación). Facultad de Comercio y Administración (UNAM) y CONACYT, 1972.
[30] Wheeler J. Gershon y Donlan F. Jones, *Business Data Processing: an Introduction*, Addison-Wesley Co. Inc. Mass. USA. 1966.
[31] Yachida M., Tsuji S., Industrial Computer Vision in Japan, revista Computer, Mayo 1980, págs. 50-63.

7

Unidad central de proceso (UCP)

Los sistemas electrónicos se caracterizan por el uso de computadoras para realizar los diferentes procesos de las diversas aplicaciones que lo integran.

En principio podemos observar a la computadora como una caja negra (véase figura 7.1), a la cual entran datos que son procesados y que, además, emite información.

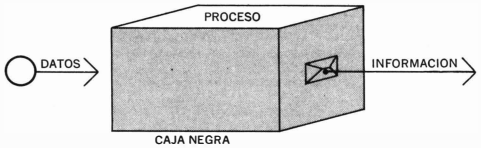


Figura 7.1. Representación esquemática de un proceso en un sistema de información.

COMPOSICIÓN DE LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

La computadora electrónica de acuerdo con su anatomía se divide en: *a*) un procesador central, y *b*) unidades de entrada/salida o unidades periféricas.[1]

La unidad central de proceso puede considerarse como el cerebro de la computadora; tiene varias funciones importantes: provee de almacenamiento, a los diferentes datos e instrucciones por procesar; permite rápido acceso a datos almacenados y ejercer control sobre la información; puede, además,

[1] Tratadas en el capítulo 8.

desarrollar operaciones aritméticas, lógicas y de control; toma decisiones simples basadas en los resultados de pruebas hechas previamente; puede también manejar la entrada de datos y salida de información desde los dispositivos periféricos conectados a la computadora.

En esencia, la unidad central de proceso tiene tres funciones principales:

a) Controlar y supervisar el sistema de cómputo, con base en un programa almacenado en la unidad de memoria.
b) Desarrollar las operaciones matemáticas y lógicas que en un momento dado sean necesarias para procesar datos.
c) Controlar el envío y recepción de datos desde las unidades periféricas a la unidad de memoria.

Para realizar estas funciones, el procesador central se vale de las subunidades o subsistemas que lo componen. El procesador central está compuesto de cuatro partes principales o subsistemas (figura 7.2):

1. Unidad de memoria o almacenamiento primario.
2. Unidad de control.
3. Unidad de aritmética y lógica.
4. Unidad de control de periféricos.

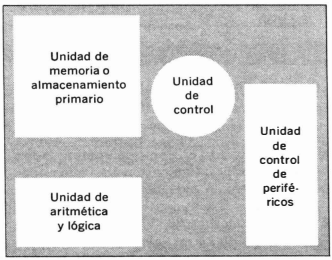


Figura 7.2. Diagrama esquemático del procesador central.

Unidad de memoria o almacenamiento primario

En esta unidad se depositan los datos que se envían para procesarse desde los dispositivos de almacenamiento (manejados por las unidades de entrada/salida), así como los programas que realizarán los procesos, y los resultados

obtenidos listos para ser enviados a un dispositivo de almacenamiento secundario.

La memoria almacena gran cantidad de información, que está disponible para ser usada por otros subsistemas de la computadora. A su vez, cuando la memoria recibe alguna información de otro subsistema, almacena la información en el lugar que le ha sido especificado por la unidad emisora [6].

La unidad de memoria, como se muestra en la figura 7.3, está compuesta a su vez por [9]:

1. Unidad de almacenamiento.
2. Una unidad de control de memoria.
3. Registros de dirección y de datos.

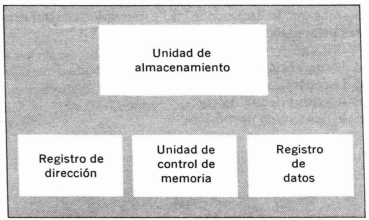


Figura 7.3. Diagrama esquemático de la unidad de memoria o almacenamiento primario.

La unidad de almacenamiento es, como su nombre indica, un almacén de depósito de datos e instrucciones; elemento pasivo que puede equipararse con un estante con varios casilleros en cada uno de los cuales se colocará un dato. Cada uno de estos casilleros puede contener, según el diseño interno de la computadora, un número específico de "bits",[2] (véase figura 7.4).

Al grupo de bits contenido en un solo casillero, se le conoce como una palabra y normalmente se transfiere y maneja con una sola operación, en la unidad central de proceso.

El tamaño de la palabra es una característica importante en la especificación de la capacidad de una computadora, ya que determina, en buena medida, el tamaño máximo de la memoria que puede instalarse y la cantidad de instrucciones distintas que puede reconocer la computadora. Estos factores a su vez repercuten en la velocidad de operación del equipo.

[2] Véase glosario al final del libro.

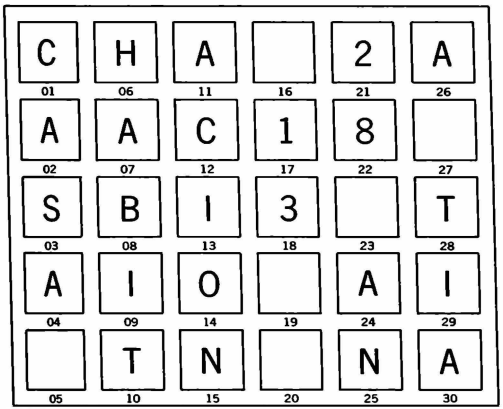


Figura 7.4

Las máquinas más pequeñas, también llamadas microcomputadoras, generalmente tienen una palabra de 8 bits, aunque existen modelos que la usan de 4 y otras de 16. Las máquinas conocidas como minicomputadoras normalmente tienen palabras de 16 bits o aun 32. Por lo que se refiere a las computadoras convencionales, la longitud de palabra puede ir de 16 hasta 60 bits, dependiendo del modelo y del fabricante. A mayor longitud de palabra generalmente corresponde una mayor capacidad de cómputo [8] y mayor precisión.

En virtud de que los caracteres alfabéticos, numéricos y especiales se representan con un código de 8 bits,[3] en muchas máquinas es posible identificar y procesar grupos de 8 bits como unidades lógicas de información. Cada grupo 8 bits recibe el nombre genérico de "carácter" o "byte" [2].

En general, la capacidad de memoria de una computadora se mide por bloques de 1024 caracteres, unidad que se representa con la letra K; esto es, una máquina cuya memoria principal tenga 65 536 caracteres de 8 bits cada uno se indica como una máquina de 64 K (64 × 1024 = 65 536). Debe tenerse precaución al interpretar este tipo de datos, ya que algunos fabricantes designan la capacidad de memoria en palabras y no en caracteres.

[3] Algunos fabricantes utilizan una variante de código con sólo 6 bits; lo cual limita la cantidad de símbolos que pueden representarse pero ahorra espacio en memoria.

La unidad de almacenamiento se construye con diversos tipos de técnicas y materiales. Tradicionalmente estaba formada por núcleos magnéticos como los descritos en el capítulo 8; sin embargo, el desarrollo tecnológico ha vuelto obsoleta esta modalidad, principalmente debido a sus altos costos de fabricación y al gran espacio físico que requieren en comparación con otras técnicas [18].

Actualmente las unidades de almacenamiento se construyen con semiconductores en circuitos monolíticos de alta densidad [16]. Esto es, circuitos electrónicos que se elaboran con técnicas microfotográficas por medio de las cuales se "imprimen" transistores, resistencias, etc. en una pequeña superficie de semiconductor. Con estos procedimientos pueden incorporarse en un área de 1/4 de cm^2 varios cientos de miles de componentes. Un circuito de este tipo recibe el nombre de "chip" y se encapsula para su protección y para facilitar su conexión.

La información se puede almacenar en un circuito de semiconductores permitiendo o impidiendo el paso de la electricidad a través de un transistor. Así, se puede establecer que un transistor dado que permite pasar la corriente, contiene un dígito 1, y si no permite su paso, se puede decir que almacena un cero.

Además del bajo costo de fabricación y el pequeño espacio físico utilizado, los semiconductores consumen poca corriente y pueden operar muy rápidamente [14]. También resultan bastante confiables por tener un índice de fallas relativamente bajo, y cuando llegan a fallar su reposición es fácil y económica.

Las memorias de semiconductores se fabrican en diversas modalidades que podríamos clasificar en dos grandes grupos: *a*) las de lecturas solamente, y *b*) las de lectura y escritura.

Las memorias de lectura solamente se conocen con la sigla ROM (Read-only memory; memoria sólo para lectura) y constituyen una nueva concepción en la arquitectura de los equipos de cómputo. Normalmente se utilizan para guardar programas de uso general en forma permanente, convirtiéndose así en un híbrido entre lo que tradicionalmente constituía el equipo (hardware) y los sistemas y programas (software).

Las memorias ROM se construyen de manera que la información está grabada en ellos de modo permanente e inalterable. Por lo tanto, esos datos sólo pueden leerse; no puede añadírseles información o modificarlos. Existen en el mercado variantes de ROM que permiten grabarles la información después de que salieron de la fábrica; o sea, el usuario puede comprar un ROM "en blanco" y grabarle los programas o datos que desee, en forma permanente. Estas memorias se conocen como PROM (Programmable Read-Only Memory) y dan mayor flexibilidad al diseño de un sistema. También existen variantes, conocidas como EPROM, que permiten borrar la información con un procedimiento especial y regrabar los datos que se deseen.

Los ROM han representado un avance importante en la computación, por la facilidad que ofrecen de incorporar funciones programadas en forma física, como parte de los equipos. Actualmente se utilizan tanto para realizar

un autodiagnóstico inicial del equipo, como para tener disponibles compiladores, sistemas operativos, tablas de datos, procedimientos de telecomunicaciones, y otros programas sin necesidad de cargarlos a la memoria del sistema. Con esto, además de facilitar y mejorar la operación del equipo, liberan áreas de memoria para otras aplicaciones.

Las memorias de lectura y escritura, erróneamente designados con las siglas RAM (Random Access Memory; Memoria de acceso aleatorio), a diferencia de los ROM, pierden su contenido de información al faltarles la corriente eléctrica. Además, permiten escribir, leer o modificar un dato tantas veces como sea necesario.

Las memorias RAM constituyen la parte medular de la unidad de almacenamiento. Su bajo costo ha permitido que las computadoras actuales cuenten con memorias muy grandes, que pueden llegar a varias decenas de millones de caracteres.

Tanto las memorias ROM como las RAM permiten mantener datos al alcance inmediato de la unidad central de proceso, pudiendo utilizar la información contenida en ellas en múltiples ocasiones sin que ésta se pierda.

La unidad de almacenamiento es una parte clave de una computadora digital. En ella se guardan los programas y los datos con los que trabaja el equipo. De su tamaño y velocidad de operación depende gran parte de la capacidad de todo el equipo de cómputo.

Dada la importancia de la unidad de almacenamiento, existe una amplia actividad de investigación para reducir su tamaño, sus costos, su consumo de energía y aumentar su velocidad.

Actualmente existen diversas líneas de investigación que ofrecen posibilidades interesantes. Por ejemplo, las burbujas magnéticas [4][4], las memorias criogénicas, que operan a muy bajas temperaturas [18] o las memorias proteínicas fabricadas por procesos biológicos [1]. Refiriéndonos nuevamente a la figura 7.3 analicemos ahora los otros componentes de la unidad de memoria.

La unidad de control de memoria es la que coordina en forma autónoma la unidad de memoria en su totalidad; recibe llamados desde la unidad de control del procesador central para conectarse con otros subsistemas y recibir o enviar datos. Cuando la unidad de control de memoria se conecta con otros subsistemas recibe de éstos una señal que puede indicar que se enviarán datos a la unidad de almacenamiento o que serán extraídos de ella.

Una vez que la unidad de control del procesador o cualquiera otro subsistema llega a la unidad de control de memoria procede a extraer o a depositar datos; para ello, la unidad de control de memoria usa dos registros, uno que tendrá la dirección de memoria RDM (Registro de dirección de memoria), a partir de la cual se extraerá o depositará un dato, y otro registro RD (Registro de datos), que contendrá el dato que se ha extraído o que debe depositarse en la memoria [4].

En la figura 7.5 se muestra el ejemplo de un llamado de un subsistema para obtener información de la memoria mediante los siguientes pasos:

[4] Véase capítulo 8.

1. El subsistema llama a la unidad de control y le indica que se trata de extraer información.
2. La unidad de control de memoria activa el registro de dirección para que éste reciba del subsistema la dirección donde se encuentra el dato que se desea.
3. El registro de dirección recibe la dirección donde se encuentra el dato y localiza la posición deseada.
4. La unidad de control de memoria activa el registro de datos para que extraiga el dato que se encuentra en la dirección identificada por el registro de dirección.
5. El subsistema en cuestión toma el dato que se encuentra en el registro de datos.

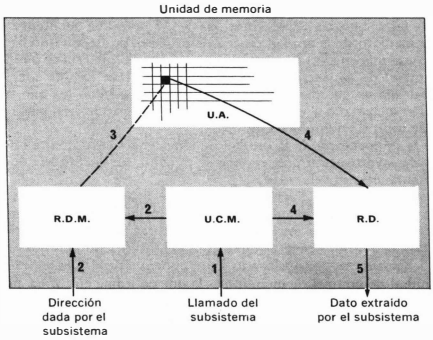


Figura 7.5. Ejemplo del llamado de un subsistema para obtener datos de la unidad de memoria.

Unidad de control

Con base en las instrucciones registradas en la memoria principal, la UC determina el ritmo del proceso de los diferentes datos, coordinando el desarrollo dichas instrucciones a través de las unidades de memoria y de aritmética y lógica, de acuerdo con los requerimientos del programa almacenado. La unidad de control es el cerebro del equipo; supervisa el proceso de las demás unidades de la unidad central de proceso y puede permitir autonomía a las demás unidades; esto depende del tipo y marca de computadora en cues-

tión. Aun cuando un subsistema posea autonomía, retornará su control a la UC, cada vez que haya completado una operación [12].

El programa almacenado indica a la unidad de control la acción que en cada momento debe llevar a cabo; la UC debe determinar cuál instrucción debe ejecutarse, qué operaciones deben desarrollarse y la dirección en donde se encuentran los datos que deben procesarse en un momento dado. Para esto, cuenta con el auxilio de la unidad de control de memoria.

Cada instrucción debe interpretarse antes de ejecutarse, con objeto de saber si es posible llevarla a cabo. Es importante observar que cada instrucción debe ejecutarse en su propia secuencia.[5] La unidad de control supervisa la interpretación y ejecución de cada instrucción.

En resumen: la unidad de control interpreta instrucciones, determina que éstas se ejecuten, direcciona y controla la operación de todas las unidades en el sistema de cómputo; también vigila el ciclo de máquina. Éste es un intervalo de tiempo fijo, medido en términos de impulsos eléctricos. El ciclo de máquina está determinado por el diseño de la unidad central de proceso y es el tiempo necesario para que la unidad de control accese una unidad de información (esta unidad de información se define en forma diferente para cada máquina). Para ejecutar una instrucción se requiere generalmente más de un ciclo de máquina.

Hay dos tipos básicos de ciclos de máquina: el ciclo de instrucción que es el tiempo requerido para mover una instrucción a la unidad de control y ser analizada por ésta y el ciclo de ejecución, intervalo de tiempo necesario para ejecutar una instrucción dada.

Unidad de aritmética y lógica

Ésta contiene:

1. Circuitos.
2. Registros.
3. Unidad de control de proceso.
4. Unidad de algoritmización.

Las operaciones de esta unidad se basan en la adición. La resta se realiza por la adición del complemento del número original. La división se logra por sustracciones sucesivas y la multiplicación, por sumas progresivas [11].

En la unidad de aritmética y lógica se usan dos clases de registros: acumuladores y sumadores. Los acumuladores constituyen registros especiales en los cuales se almacenan los resultados de operaciones aritméticas. El acumulador está formado, por lo general, de un par de registros combinados conjuntamente para manejar resultados aritméticos.

Los sumadores se encargan de realizar todas las operaciones aritméticas; pueden estar conectados en serie o en paralelo.

[5] Véase "Algoritmos", capítulo 9. La secuencia de cada instrucción está determinada por el lugar que ocupa dentro del programa.

En la figura 7.6 se muestra una serie de registros (R), los cuales hacen la función de acumuladores. También se observa una unidad de control de proceso que, activada por la unidad de control, se conecta con cualquier otro sistema de la computadora para realizar la operación que se le indique. En la misma figura se observa una unidad de algoritmización; dicha unidad contiene en forma circuitada los algoritmos de las instrucciones que ha de realizar la unidad de aritmética y lógica, de tal manera que esta unidad de algoritmización indica a la unidad de control de proceso qué pasos debe seguir la unidad de aritmética y lógica para realizar una operación.

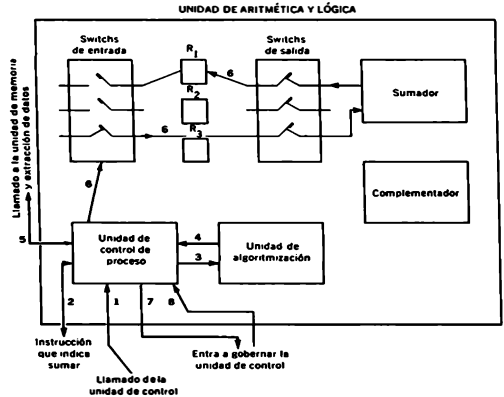


Figura 7.6. Diagrama esquemático de la unidad de aritmética y lógica que muestra el desarrollo de una operación.

Por ejemplo, para realizar una suma se siguen los siguientes pasos (véase figura 7.6):

1. La unidad de control demanda la acción de la unidad de aritmética y lógica a través de la unidad de control de proceso.
2. La unidad de control indica que se trata de una suma.
3. La unidad de control de proceso demanda la ayuda de la unidad de aritmización.

4. La unidad de algoritmización indica a la unidad de control qué pasos debe llevar a cabo y en qué secuencia.
5. La unidad de control de proceso extrae los datos por sumar de la unidad de memoria (según proceso ya descrito en el ejemplo de la página 134).
6. La unidad de control de proceso ordena, según las instrucciones de la unidad de algoritmización, cómo debe ejecutarse la suma. La cantidad es adicionada por un sumador a la que contiene otro de los registros, y depositada en este último.
7. Una vez realizada la suma, la unidad de aritmética y lógica queda bajo el gobierno de la unidad de control.
8. La unidad de control indica a la unidad de control de proceso a qué dirección de la memoria debe enviar el resultado. (Esto será por orden de otra instrucción que será de transferencia y no de suma.)

Unidad de control de periféricos

Esta unidad controla tanto el tráfico de datos que entran y salen a los diferentes dispositivos periféricos, como el acceso a los mismos periféricos.

Cuando una instrucción de programa demanda la salida o entrada de datos, la unidad de control hace participar en el proceso a la unidad de control de periféricos. Esta última determina primeramente si es posible enviar información desde la memoria principal hacia un dispositivo de salida o enviar datos desde un dispositivo de entrada a la memoria primaria; para ello verifica si cuenta con un canal libre para tal fin. Posteriormente determina si el dispositivo por usar está libre o no en ese momento.

La unidad de control de periféricos actúa como un agente de tránsito, todas las llamadas del programa para enviar o pedir datos a los almacenamientos secundarios son manejadas por esta unidad la cual determina el momento en que las unidades periféricas de entrada/salida puedan operar.

En la actualidad la unidad de control de periféricos, al igual que los canales de entrada y salida de datos, se construyen por lo común con pequeños microprocesadores especialmente diseñados y programados para este propósito.

Puesto que el tiempo en que se procesa una instrucción (aritmética o lógica) dentro del procesador central es del orden de nanosegundos y el término en que se procesa una instrucción de entrada/salida tarda milisegundos, es necesario controlar los periféricos a fin de que no exista traslape en la información; para lo cual la unidad de control de periféricos coordina los canales que permiten la trasmisión.

El canal es esencialmente la unidad de control para una o más unidades de entrada/salida [13] controla la trayectorias de entrada/salida por las cuales los datos son traídos dentro o llevados fuera de la unidad de almacenamiento.[6] Puede haber varios canales. La relación entre el procesador central, el canal y las unidades de manejo de dispositivos de almacenamiento secundario se ilustra en la figura 7.7.

[6] Para resolver este problema el canal se vale de un almacenamiento temporal.

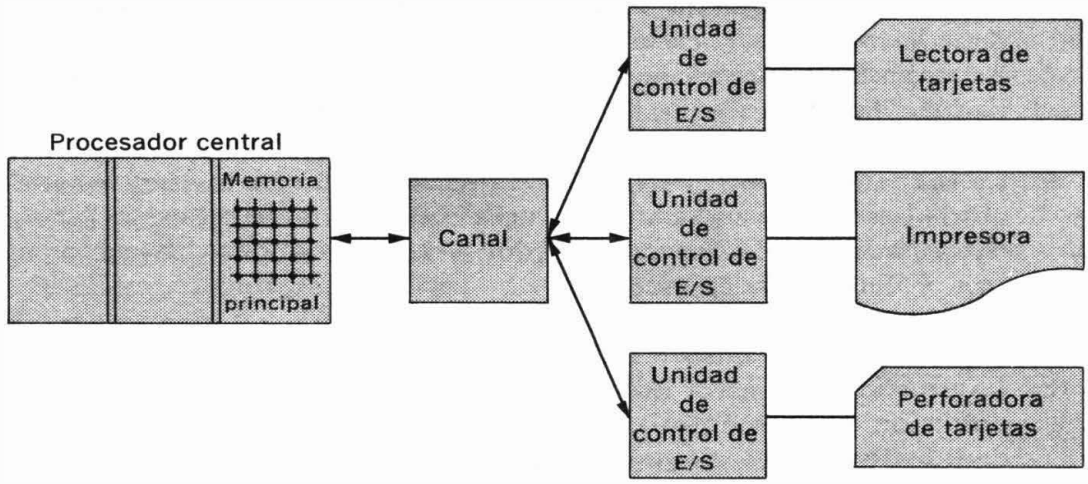


Figura 7.7. Relación del procesador central, canal, unidades de control y los dispositivos de E/S que éstas manejan.

CONCEPTO DE PROGRAMA ALMACENADO

Para que una computadora pueda procesar datos es menester instruirla. Cuando instruimos una computadora y lo hacemos depositando un programa en la memoria del procesador central, decimos que hemos programado internamente la computadora y que posee un programa almacenado para procesar datos. Este programa contiene en secuencia, una a una, las instrucciones de las operaciones que debe realizar el procesador; cada una de las instrucciones es identificada por la unidad de control de procesador central. Esta unidad hace efectiva cada instrucción del programa almacenado [3].

El programa almacenado para su ejecución necesita estar depositado en memoria, en un código legible para la máquina. Estos códigos deben representar instrucciones que pueda identificar la unidad de control del procesador central para llevar a cabo un proceso.

DISPOSITIVOS EN LÍNEA Y FUERA DE LÍNEA

Las expresiones "en línea" y "fuera de línea" se emplean para determinar la forma en que una terminal de un sistema de cómputo se usa para el proceso de datos; es decir, para determinar la forma en que están conectadas al sistema de cómputo las líneas de comunicación de las terminales [17].

En línea

"Un sistema en línea puede ser definido como aquel en que los datos de entrada llegan a la computadora directamente desde el punto de origen y/o los datos de salida se trasmiten directamente a donde serán usados. Las unidades intermedias de perforación de datos sobre tarjetas, cintas de papel o escritura sobre soportes magnéticos se evitan totalmente" [13].

Cuando operamos en línea, las terminales conectadas a un sistema de cómputo pueden establecerse a fin de que las opere un hombre o mecanismos de recolección automáticos acoplados a la línea de trasmisión. En caso de que el hombre las opere, comúnmente se cuenta con un teclado similar al de una máquina de escribir; cada "teclazo" envía una señal la computadora directamente a través de la línea de trasmisión. Como los dedos son muy lentos comparados con las líneas de trasmisión, los trabajos que requieren el envío constante de una gran cantidad de datos reducen en forma drástica la eficiencia de la línea. Para solucionar este problema puede acoplarse a las terminales un almacenamiento que se va llenando conforme se teclea la información; una vez repleto dicho almacenamiento los datos almacenados se envían a la computadora, uno tras otro, a una velocidad mucho mayor que si se teclearan. Este tipo de trasmisión también es útil cuando se cuenta con una red de varias terminales que se encuentran trabajando al mismo tiempo con un mismo procesador central.

Es posible conectar mecanismos de recolección automática a las líneas de trasmisión que comunican con la unidad central de proceso. Estas terminales pueden ser instrumentos de control de proceso industriales, como reguladores térmicos o medidores de presión; en este caso los mecanismos, al detectar variación, mandan impulsos digitales a la computadora, la cual, a su vez, envía otros impulsos que recibe un acoplador; éste los transforma en modo tal que permitan la regulación del proceso. Algo parecido opera en el control de los vuelos espaciales por medio de computadoras digitales.

Fuera de línea

Decimos que un dispositivo se encuentra fuera de línea cuando la comunicación desde una terminal no está ligada directamente con la computadora; es decir, cuando el envío y recepción de datos desde una terminal no se maneja directamente mediante la unidad central de proceso. La terminal en este caso se conecta mediante una línea de trasmisión a una unidad de manejo de dispositivos de almacenamiento secundario, como puede ser una unidad de cinta, una perforadora de tarjetas o de cinta de papel. El proceso será manejado en esta circunstancia por la unidad receptora y no por la unidad central de proceso.

Los sistemas con terminales fuera de línea se usan para manejar procesos que no requieran un tiempo de respuesta rápido. Los datos se cargan inicialmente desde la terminal en un dispositivo de almacenamiento manejado por

una unidad de entrada/salida conectada directamente al procesador central. Esta modalidad recibe también en forma común el nombre original en inglés de RJE (Remote Job Entry-entrada remota de trabajos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Angier, Natalie, "The Organic Computer", *Discover*, vol. 3. núm. 5, pág. 76, mayo 1982.

[2] Arnold, R. R., Hill, H. C., et al, *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México; 1971.

[3] Benice, Daniel D., *Introducción a las computadoras y proceso de datos*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1973.

[4] Bobeck, Andrew y Scovil, H. E., "Magnetic Bubbles", *Scientific American*, vol. 224, núm. 6, pág. 78, junio 1971.

[5] Brabb, G. J., *Computadoras y sistemas de información en los negocios*, Interamericana, México, 1978.

[6] Chu, Yaohan, *Computer Organization and Microprogramming*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1972.

[7] Crawford, F. R., *Business Systems with Punched Card Data Processing and S/3*, Prentice-Hall, New Jersey, 1973.

[8] Electronics Theory Handbook, "Inside Computers", *Electronics Theory Handbook*, Davis Publ. Inc. New York, 1981.

[9] Flores, Iván. *Computer Software*, Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1965.

[10] Fuori, William M., *Introduction to the Computer*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1977.

[11] Hollingdale, S. H. y G. C. Tootill, *Computadores electrónicos*, Alianza Editorial, Madrid, 1972.

[12] Laurie, E. J., *Modern Computer Concepts*, South-Western, Cincinnati, 1970.

[13] Martin, James. *Design of Real-Time Computer Systems*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1967.

[14] Noyce, Robert N., "Microelectronics", *Scientific American*, vol. 237, núm. 3, pág. 62, septiembre, 1977.

[15] Pilorge, R., *Comprendre L'Informatique*, J. Delmas et Cie, París, 1969.

[16] Rajchman, Jan A., "Integrated Computer Memories", *Scientific American*, julio, 1967.

[17] Sanders, Donald H., *Computers in Business: an Introduction*, McGraw-Hill, Tokio, 1972.

[18] Turn, Rein, "Computers in the Rand Corporation, California, documento AD-783-323, marzo, 1974.

[19] Weitzman, Cay, *Distributed Micro/Minicomputer Systems*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1980.

8

Dispositivos periféricos

Para realizar sus labores la unidad central de proceso se auxilia de una serie de dispositivos periféricos que le permiten guardar y localizar información, así como comunicarse con el ambiente y los usuarios de la misma.

Los dispositivos periféricos reciben también el nombre de unidades de entrada, unidades de salida y unidades de entrada/salida, según su modo de operación. Algunos de ellos cumplen la función de mantener datos guardados para uso futuro; en este caso, se les conoce también como *almacenamiento secundario.*

Las unidades de entrada son las que solamente pueden enviar datos a la unidad central de proceso, pero no recibirlos; es decir, sólo son emisoras y están imposibilitadas para recibir datos.

Las unidades de entrada más usadas son:

- Lectora de tarjetas.
- Lectora de cinta de papel.
- Lectora de caracteres ópticos.
- Lectora de caracteres magnéticos.
- Lectora de marcas ópticas.
- Convertidores analógico/digitales.
- Digitalizadores.
- Lectores de barras.

Las unidades de entrada/salida son las que pueden recibir y enviar datos; es decir, son receptoras y emisoras, aunque no realizan ambas funciones a la vez.

Las unidades de entrada/salida más conocidas son:

- Lectora grabadora de cintas magnéticas.
- Lectora grabadora de discos magnéticos.
- Lectora grabadora de tambores magnéticos.

- Lectora grabadora de tarjetas magnéticas.
- Memoria masiva de núcleos magnéticos.
- Minidiscos.
- Minicintas.
- Burbujas magnéticas.
- Videodiscos.
- Terminales.
- Consolas.

Cada una de las unidades aquí mencionadas está diseñada para enviar y recibir información desde la unidad central de proceso. Con excepción de las consolas y algunas terminales, las unidades de entrada/salida manejan almacenamientos de datos que están registrados en dispositivos especiales, tales como cintas magnéticas, tarjetas perforadas, etc.; dichos dispositivos contienen datos que se usan en los diferentes procesos que lleva a cabo la computadora. Asimismo, esos dispositivos almacenan los resultados de procesos realizados por la máquina.

Las unidades de salida son las que solamente pueden recibir datos desde la unidad central de proceso, pero no enviarlos; es decir, sólo son receptoras y están imposibilitadas para enviar información.

Las unidades de salida son, por excelencia, las siguientes:

- Impresoras { de líneas / de caracteres / de páginas }
- Perforadora de tarjetas
- Perforadora de cinta de papel
- Unidad de microfilm (COM)
- Graficadores
- Unidades especializadas

UNIDADES DE ENTRADA

Lectora de tarjetas

Esta unidad está habilitada para leer y trasmitir datos contenidos en tarjetas perforadas a la unidad central de proceso. La lectora de tarjetas lee una por una las tarjetas que contienen los datos usados para un proceso.

A excepción de los sistemas de cómputo orientados a tarjetas perforadas, (card systems) la lectora de tarjetas viene a constituir un cuello de botellaen los procesos. Mientras la velocidad de la unidad central de proceso se mide en nanosegundos (10^{-9} seg.), la velocidad de la lectora de tarjetas se mide en tiempos mucho mayores (milésimas de segundo), lo cual reduce drásticamente la eficiencia de la computadora.

La velocidad de operación de las lectoras de tarjetas perforadas oscila

entre 200 y 2 000 tarjetas por minuto en las computadoras comerciales de tercera generación. El costo en función de la velocidad sigue una forma exponencial (a mayor velocidad, mucho mayor costo).

La lectora de tarjetas en las máquinas de tercera generación realiza sus funciones de lectura generalmente por medio de celdillas fotoeléctricas que detectan las perforaciones en las tarjetas por la incidencia de un haz de luz.

Esta unidad, por lo general, no debe usarse en procesos complejos donde se requiera manipular datos dentro del procesador central. Es preferible realizar un pequeño proceso de traspaso en el cual los datos contenidos en tarjetas se transfieran a un medio de almacenamiento movilizado con mayor rapidez que las tarjetas, como puede ser una cinta magnética, un disco magnético, etc.

En realidad, fuera de los sistemas orientados a tarjetas, la tarjeta suele usarse principalmente para contener datos que permitan la actualización de archivos, iniciar procesos, desarrollo de programas, etc., o sea en operaciones que no requieran mucho tiempo.

Lectora de cinta de papel

Esta unidad lee y trasmite datos contenidos en cinta de papel a la unidad central de proceso. La lectora de cinta de papel lee en forma continua los caracteres contenidos a lo largo de la cinta (véase fig. 8.1).

Esta unidad, al igual que la lectora de tarjetas, puede constituir un cuello

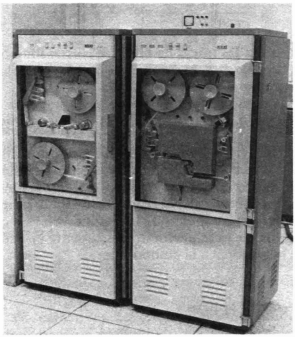


Figura 8.1. La máquina de la izquierda es una lectora de cinta de papel; la de la derecha una perforadora de cinta de papel. (Cortesía de NCR de México, S. A. de C. V.)

de botella en los sistemas de cómputo. Su velocidad puede ser comparable a la lectora de tarjetas y por lo tanto es muy baja en comparación con la velocidad interna de la unidad central de proceso.

El uso de la cinta perforada llegó a ser común en supermercados donde las ventas registradas en caja eran perforadas en una cinta por medio de una registradora. Los datos registrados en las cintas, se transmitían al sistema de cómputo a través de la lectora de cinta de papel.

En la figura 8.2 se muestra un segmento de cintas perforadas con código. Como puede observarse, en este ejemplo existen 8 perforaciones posibles por columna.[1] En el mercado se encuentran otros formatos que van desde cinco hasta ocho posiciones de perforación por columna.

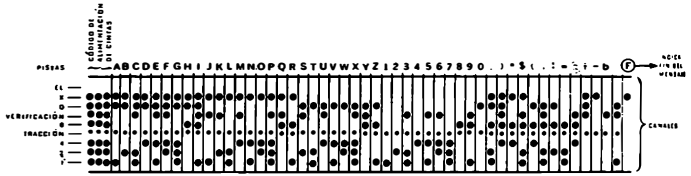


Figura 8.2. Códigos en cinta de papel perforada de ocho canales.

Los renglones, o sea las líneas de bits que corren longitudinales a la cinta se conocen como "canales" y su número es igual al de bits en una columna; en el ejemplo anterior, se tienen ocho canales.

Por medio de la combinación de ciertas perforaciones es posible definir un carácter; por ejemplo, en la figura 8.2, la A está definida por las perforaciones X, 0, 1.

La cinta de papel perforada puede usarse en terminales que tengan asociada una lectora para tal fin, tal como las terminales telex. Cuando desde una terminal es necesario enviar un volumen de datos que requieran mucho más que unos cuantos "teclazos" sobre el teclado de la terminal, se debe usar un dispositivo de envío más rápido que los dedos. En este caso, puede usarse la cinta perforada; los datos se perforan previamente en ésta y posteriormente se envían desde la terminal a la computadora.

Lectora de caracteres ópticos

Esta unidad está diseñada para leer documentos-fuente y enviar los datos contenidos en éstos a la unidad central de proceso.

[1] Llamaremos columna a la línea transversal a la cinta, que determina una posición digital.

Hoy día las máquinas lectoras han sido mejoradas; al grado de reconocer caracteres de uso común. Caracteres estilizados sobre tarjetas de crédito, solicitudes de suscripciones, cuentas de cheques, etc., puede leerlos la misma máquina, aun cuando haya pequeñas diferencias en el diseño de los mismos.

Un carácter sobre un documento, necesita estar en un lugar previamente especificado para ser leído por la máquina; ésta no puede observar enteramente un documento para localizar el dato buscado; sin embargo, no es requisito alinear perfectamente los datos en las posiciones de impresión señaladas para su registro. Las máquinas actuales tienen posibilidades de lectura de más o menos 200 caracteres por segundo y su uso es ventajoso cuando se requiere leer varias veces los documentos y almacenarlos largos periodos ya que los caracteres ópticos son poco afectados por estas dos circunstancias.

La tecnología para leer directamente datos que se han impreso o escrito sobre documentos-fuente aún no se ha desarrollado a un nivel satisfactorio. La expresión *reconocimiento óptico* se usa para describir el proceso de lectura no sólo alfanumérica, sino también de otros tipos de códigos (véase fig. 8.3).

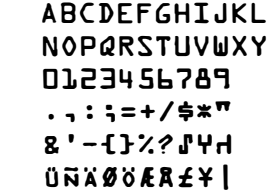


Figura 8.3. Caracteres ópticos.

La presentación, el tamaño, el tipo, la calidad de impresión y la posición de caracteres sobre los documentos-fuente deben llenar los requisitos de un formato rígido para que una máquina lectora de caracteres ópticos pueda reconocerlos.

Lectora de caracteres magnéticos

Esta unidad, al igual que la lectora de caracteres ópticos, está diseñada para leer datos en documentos-fuente y enviarlos a la unidad central de proceso.

Las lectoras de caracteres magnéticos pueden traducir los caracteres impresos en un documento a un formato o código legible para una máquina computadora. Numerosos bancos están usando ahora caracteres magnéticos tanto para clasificar documentos, como para leer y clasificar cheques y depósitos; estos caracteres se leen a una velocidad aproximada de 1 500 caracteres

por segundo. El proceso de impresión puede hacerse por medio de varios tipos de máquina de imprimir. La tinta usada es la que determina que el carácter impreso sea magnético, pues contiene partículas magnéticas muy finas que se adhieren al papel en el momento de la impresión.

Los caracteres van impresos en formas más o menos exageradas de caracteres de estilos normales (véase fig. 8.4) de tal manera que en su lectura resulte lo más sencilla posible. La máquina identifica los caracteres en base a la posición y cantidad de las marcas de tinta magnética.

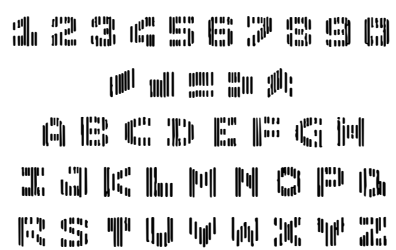


Figura 8.4. Caracteres magnéticos.

Lectora de marcas ópticas

Se trata de unidades que operan bajo un concepto semejante al de las tarjetas de marcas sensibles. Las lectoras de marcas ópticas generalmente emplean hojas de papel tamaño carta, en donde se definen posiciones con un significado predefinido.

El usuario pone marcas con lápiz o pluma negra en ciertas partes de la hoja y la unidad de marcas ópticas detecta estas manchas, las interpreta y las transfiere a una cinta magnética o a la unidad central de proceso para su manejo.

Este tipo de unidades son adecuadas cuando se tienen muchos datos fuente con un formato fácilmente estandarizable, y el usuario puede recibir la capacitación necesaria. Las aplicaciones más conocidas en México son para el manejo de exámenes de admisión.

Convertidores analógico/digitales

Permiten transformar una o más mediciones de tipo analógico (continuas) en una representación digital (discreta) susceptible de ser procesada por una computadora digital.

Generalmente se utilizan en procesos industriales, para que el equipo de cómputo detecte variables tales como temperatura, presión, velocidad, etcétera. También se usan en áreas administrativas como los sistemas de medición directa del peso de mercancías, el monitoreo de volumen para el control de inventarios de tanques de líquidos, etcétera.

La utilización de convertidores analógico/digital se asocia comúnmente a procesos en tiempo real.

Digitalizadores

Son mecanismos que permiten alimentar a un equipo de cómputo con información gráfica. Su operación consiste en colocar el dibujo, fotografía, etc., en una superficie especialmente diseñada, y después ir marcando los puntos de interés para que la computadora tome nota de su posición. Al término del proceso la máquina cuenta con un conjunto de puntos que puede manejar para regenerar una imagen semejante al original.

Lectores de barras

Funcionan con base en un "lápiz luminoso" u otro detector que puede distinguir datos codificados por medio de un conjunto de barras (véase fig. 8.5). Generalmente se utilizan para acelerar el proceso de captación de datos como precios de artículos en supermercados y tiendas.

Figura 8.5. Código de barras.

UNIDADES DE ENTRADA/SALIDA

Con excepción de las terminales y consolas, las unidades de entrada/salida, tienen típicamente la función de memorias secundarias o dispositivos de almacenamiento secundario. Con ello, ofrecen posibilidades más económicas que la memoria principal y con capacidades más amplias, para guardar información.

Lectora-grabadora de cinta magnética

Esta unidad tiene la habilidad de manejar cintas magnéticas, en las cuales graba los datos necesarios para realizar los procesos que nos brindarán infor-

mación; tiene una construcción mecánica que permite manejar con rapidez la información contenida en la cinta sin que ésta sufra deterioro. Por lo general estas unidades trabajan con columnas de vacío (véase fig. 8.6) con el propósito de que la cinta, al momento de arranque o parada, no tenga puntos de contacto que la afecten. Nótese en la figura 8.6 que la unidad sólo toca en 2 puntos a la cinta que maneja.

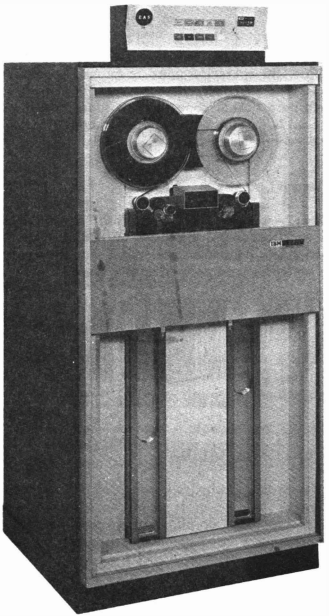


Figura 8.6. Unidad de cintas magnéticas. (Cortesía de IBM de México.)

Normalmente, las cintas magnéticas son muy largas, de material plástico flexible (similares a las de cualquier grabadora doméstica); por un lado contiene una capa de óxido metálico que es fácil de magnetizar. Tales cintas pueden grabarse, borrrarse y regrabarse un sinnúmero de veces. Las cintas magnéticas varían en su ancho; sin embargo, más del 95% de las unidades de cinta acopladas a computadoras usan cintas de media pulgada. Las longitudes estándar van desde 200 hasta 3 600 pies por carrete (fig. 8.7).

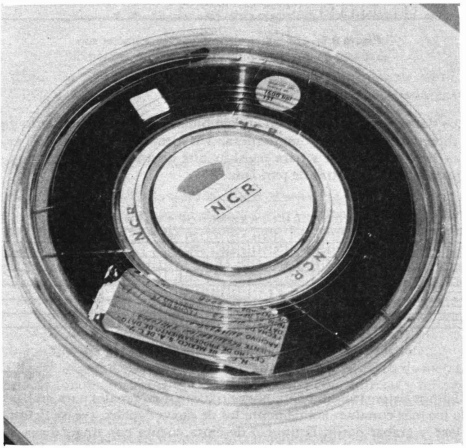


Figura 8.7. Carrete de cinta magnética.

En las cintas magnéticas, los datos se almacenan sobre la superficie magnetizable, dato por dato, en columnas transversales de bits. La presencia de un bit indica un 1; la ausencia, un 0 (fig. 8.8).

Cada una de las columnas longitudinales se conoce como un canal. El número de canales que se usen para grabar datos en la cinta depende de las características de la máquina grabadora asociada a la computadora. El principio de codificación es equivalente al que se utiliza en la cinta perforada.

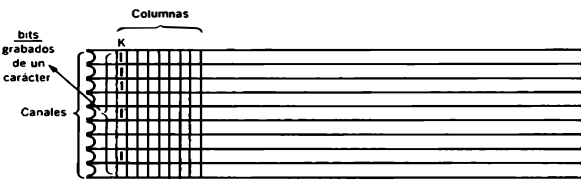


Figura 8.8. Los bits que componen un carácter son grabados en una cinta magnética en la intersección de columnas y canales virtuales.

Los datos se registran con un código binario que puede ser leído y procesado directamente por la computadora. Un formato (véase fig. 8.9) es el que emplea siete canales: seis para registrar bits binarios de información y uno para propósitos de control de paridad.[2]

Figura 8.9. Formato de cinta magnética de 7 canales.

Algunos sistemas usan ocho, nueve o hasta diez canales para grabar datos, siendo los más comunes actualmente los de nueve canales, (véase figura 8.10). Para leer y grabar datos, la unidad de cinta cuenta con una cabeza lectora-escritora, la cual está constituida por electromagnetos que tienen la habilidad de grabar o leer los datos en una cinta.

La densidad de grabación en un dispositivo de almacenamiento es el número de caracteres que puede contener éste en una unidad de longitud. Las densidades de cinta más comunes en los sistemas electrónicos actuales varían de 800 a 6 250 caracteres por pulgada. La densidad con que se lee una cinta depende de la unidad en que ésta ha sido grabada.

La velocidad de transferencia de una unidad conectada a un procesador representa la cantidad de caracteres que puede trasmitir al procesador en un

[2] El bit de chequeo de paridad sirve para confirmar que la información manejada se ha codificado correctamente.

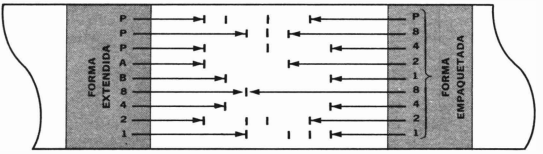


Figura 8.10. Formato de cinta magnética de 9 canales.

lapso dado. La velocidad de transferencia de las unidades de cinta oscila entre 8 000 y 3 000 000 caracteres por segundo en las computadoras comerciales.

Lectora-grabadora de discos magnéticos

Es una unidad diseñada para manejar discos magnéticos, en los cuales graba y lee los datos que se usan para un determinado proceso; maneja la información contenida en discos, mucho más rápidamente que una unidad de cintas magnéticas [18]. Estas unidades deben trabajar en sitios sumamente limpios ya que cualquier partícula de polvo sobre un disco puede afectar la lectura o grabación de información. Por lo general, el dispositivo que se va a manejar –un paquete de discos– queda perfectamente bien protegido en un ambiente seguro con muy pocas posibilidades de ser afectado por el exterior. La unidad de discos graba y lee éstos con cabezas lectoras-escritoras que trabajan bajo un principio similar al de las unidades de cinta magnética.

El disco magnético consiste en un plato delgado, circular, de metal, similar a uno de fonógrafo, excepto que las pistas son concéntricas y no espirales. Cada disco está revestido con óxido ferroso por ambos lados o con algún material magnético similar (véase fig. 8.11).

Los datos se graban en forma de bits magnetizados en las pistas del disco. En la figura 8.12 se muestra cómo se graba información en un disco. Los caracteres, se graban uno por uno, bit por bit a lo largo de la pista, en forma contraria a una cinta, en donde se graban a lo ancho. El formato de los datos sobre un disco varía de unidad a unidad, según el tipo y la marca.

Un paquete de discos es, por lo general, en conjunto, una unidad de almacenamiento permanente que consiste en uno o más platos rígidamente montados en una flecha. Los discos se colocan uno arriba de otro.

El número de pistas en la superficie de un disco depende de la forma en que se realice la grabación en éste; es decir, depende de la unidad de discos y no del disco en sí.

En un paquete de discos (de más de dos platos) cada disco puede usarse

Figura 8.11. Paquete de discos magnéticos.

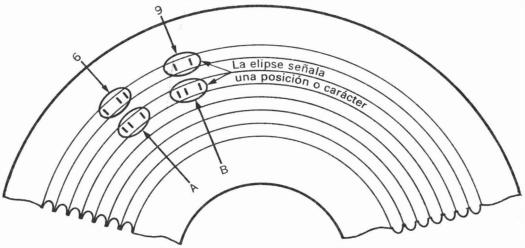


Figura 8.12. Los bits se graban longitudinalmente en un disco, a fin de formar un carácter.

por ambos lados, excepto el disco superior e inferior del paquete; en este caso estas piezas sólo pueden grabarse por un lado. Ver figura 8.13.

La cantidad de datos que pueden ser grabados en las pistas más amplias, resulta igual a la que se podría grabar en una pista más hacia el centro (figura 8.14). Entonces la densidad de grabación varía de pista a pista en un disco y ésta depende de la unidad asociada a la computadora que maneja el paquete de discos.

Hasta ahora lo que más se ha comercializado son los paquetes de discos con una cabeza lectora-grabadora por superficie. En un paquete de 6 platos

Figura 8.13. Paquete de discos y su unidad de manejo.

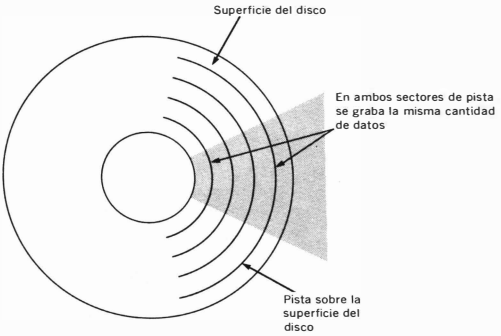


Figura 8.14. Sectores de pista limitados por el sombreado.

(figura 8.15) hay 10 superficies habilitadas para almacenar datos. Se da acceso a éstos por medios de un peine de 10 cabezas lectoras-grabadoras. Dicho peine se mueve en línea recta hacia el centro del disco, hacia dentro o hacia afuera para accesar datos. Como puede observarse en la figura 8.15 las cabezas están alineadas verticalmente, y su forma de grabar y leer corresponde con esta alineación. Si se traza una línea vertical imaginaria, por la primera pista de una superficie, cruzaría la primera pista de todas las demás superficies hábiles. Si se pasa un cilindro imaginario hueco, por la pista 38

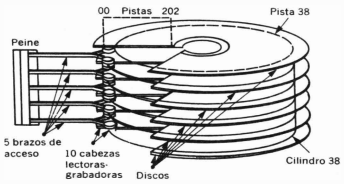


Figura 8.15. Representación esquemática de un disco.

de cualquier superficie, dicho cilindro pasará por la pista 38 de las demás superficies hábiles; es decir que un cilindro está constituido por las pistas que se corresponden verticalmente en un paquete de discos. Como puede verse, existen tantos cilindros como pistas haya en una superficie; un cilindro está compuesto por un número de pistas igual al número de superficies hábiles.

Resulta importante el concepto de cilindro ya que es la forma en la cual generalmente se graban los datos; es decir, los datos se registran siguiendo una continuidad a base de cilindros. Primero se graba la pista 1 de la superficie 1; cuando ésta se satura se graba la pista 1 de la superficie 2, y así sucesivamente.

Existen unidades de discos con una cabeza lectora-grabadora por pista que se usan generalmente en equipos de cómputo donde se requieren tiempos de acceso sumamente cortos. Estos discos por lo general son fijos; es decir que el operador del sistema no puede removerlos. Caso contrario lo constituyen los paquetes de una cabeza por superficie donde los discos son generalmente removibles.

La capacidad de un paquete de discos varía según su tamaño y oscila entre uno y medio y 200 millones de caracteres en los que son removibles y llegan a contener cientos de millones en los que no lo son.

La velocidad de transferencia de los discos en las computadoras comerciales varía aproximadamente de 60 000 a 2 millones de caracteres por segundo.

En los últimos años la estructura de costos y los avances tecnológicos han dado florecimiento a discos fijos, ya que estas unidades han logrado capacidades muy grandes que hacen innecesario el cambio de discos en aplicaciones con bajos requerimientos. El auge de los sistemas interactivos y en línea, también ha favorecido el desarrollo de discos fijos, ya que en estos casos se requiere tener los archivos siempre disponibles.

Lectora-grabadora de tambores magnéticos

Esta unidad cumple funciones de entrada/salida; maneja los datos en un cilindro hueco hecho de bronce, latón o acero, cubierto con un material capaz de retener una carga magnética, tal como el óxido de fierro.

La forma física de grabar los datos sobre el tambor se rige por el mismo principio por el que se graba el disco y la cinta magnéticos.

La unidad lectora-grabadora de tambor magnético puede contener varias cabezas; un eje sostiene al cilindro, el cual gira a gran velocidad y las cabezas quedan suspendidas a corta distancia de la superficie del mismo.

Normalmente hay muchas cabezas de lectura-escritura en línea horizontal a lo largo de la superficie del tambor. Se puede direccionar[3] cada cabeza de lectura-escritura para que dé acceso a cualquier dato sobre un sector específico de la superficie del cilindro cuando éste se halla girando a gran velocidad.

Las cabezas lectoras-escritoras en una unidad de tambor generalmente están fijas. El tiempo de acceso a cualquier dato en un tambor varía según la

[3] Llamaremos direccionar al hecho de asignar una dirección específica que señala un dato localizado en un archivo.

distancia que el tambor deba girar antes de que el dato deseado se sitúe exactamente debajo de la cabeza lectora-escritora que ha de leerlo.

Los datos se almacenan a lo largo de una pista y los bits que componen un carácter se escriben en paralelo (fig. 8.16). En la figura 8.17 puede apreciarse una forma de codificación BCD en donde los bits que componen un carácter se escriben longitudinalmente. Por lo general los datos se graban en sectores, se direccionan desde el procesador central para localizar un dato; en la figura 8.17 se muestra una parte del tambor dividido en sectores de igual tamaño que contienen datos. En los últimos años, la importancia de los támbores ha ido reduciéndose, al mejorar la tecnología de los discos magnéticos.

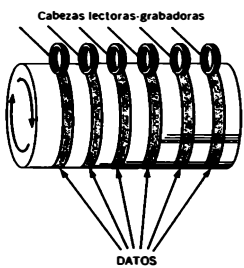


Figura 8.16. Esquema que representa la forma en que son grabados datos en el tambor magnético.

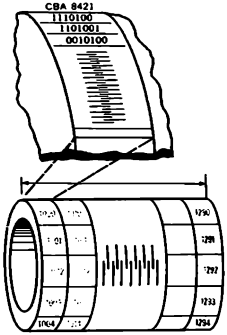


Figura 8.17. Diagrama representativo de la forma en que se almacenan datos en un tambor.

Lectora-grabadora de tarjetas magnéticas

Las tarjetas magnéticas constituyen otro medio para registrar datos. Son piezas plásticas rectangulares recubiertas de material magnético. Su ancho oscila entre 2.5 cm y 7.5 cm, y su largo entre 9 cm y 35 cm.

Podemos considerar que una tarjeta magnética es una serie de tiras de cinta magnética agrupadas y unidas en forma de registro. La información se almacena en pistas que corren logitudinalmente con respecto a la tarjeta, (véase fig. 8.18); por lo general, se almacenan en conjuntos de 10 o más dentro de dispositivos que son manejados por otros acoplados directamente a la computadora.

Los paquetes de tarjetas magnéticas tuvieron su apogeo en la segunda generación de computadoras; a pesar de su gran capacidad de almacenamiento acarrean serias desventajas ya que los dispositivos que las manejan además de lentos, son de una gran complejidad mecánica. Hoy día su uso es muy limitado.

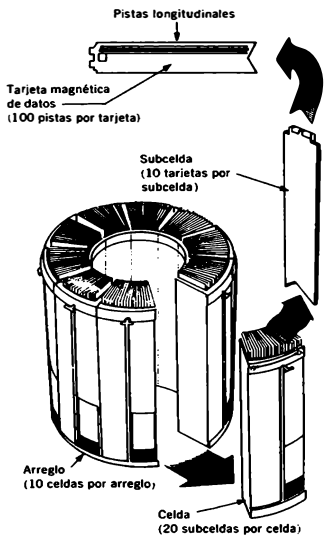


Figura 8.18. Sistema de tarjetas magnéticas de IBM.

Memorias masivas de núcleos magnéticos

Éstos son unos anillos muy delgados compuestos de material ferromagnético, el cual puede ser magnetizado en dos direcciones. Un núcleo de éstos puede no ser mayor que la perforación simple hecha por un alfiler; tienen

varias ventajas para representar y almacenar información, como poder ser agrupados miles de ellos, dada su pequeñez, en espacios reducidos, resultan fácilmente magnetizables, pueden retener información por tiempo indefinido (siempre y cuando subsista una fuente de corriente), y ofrecen un amplio margen de seguridad respecto a campos magnéticos o variaciones de voltaje repentinas.[4]

La información que contiene un núcleo magnético depende de la manera como se polariza: magnetizado en un sentido, será un 1 binario; en sentido opuesto, un 0 binario (fig. 8.19).

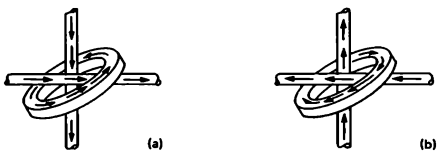


Figura 8.19. a) Núcleo magnético de valor 0 (la corriente fluye en sentido contrario a las manecillas del reloj). b) Núcleo magnético de valor 1 (la corriente fluye en el sentido de las manecillas del reloj).

Cada núcleo magnético puede representar un solo dígito binario (bit); sin embargo, el agrupamiento continuo de siete de ellos permite representar un carácter, como puede ser un número, una letra o un carácter especial. Los núcleos se agrupan en planos tridimensionales (formando cubos); en esta forma es posible llegar a tener una buena cantidad de posiciones (grupos de siete núcleos), donde se puede registrar un carácter (véase fig. 8.20).

La diferencia cualitativa entre la unidad de memoria o almacenamiento primario[5] y la memoria masiva, estriba en que mientras la primera es manejada directamente por la unidad de control del procesador central, la segunda es manejada por la unidad de control de periféricos, a través de un canal acoplado con tal unidad de memoria masiva (con base en instrucciones de entrada/salida emitidas por un programa que maneja en la memoria principal la unidad de control).

En los últimos años la utilización de núcleos magnéticos ha venido decayendo en favor de las memorias de semiconductores que resultan más económicas y veloces.

[4] Cuanto más pequeño sea el núcleo magnético mayor será su velocidad de respuesta, aunque resultará más alto el costo de su manufactura y ensamble.
[5] Ver unidad de memoria capítulo 7.

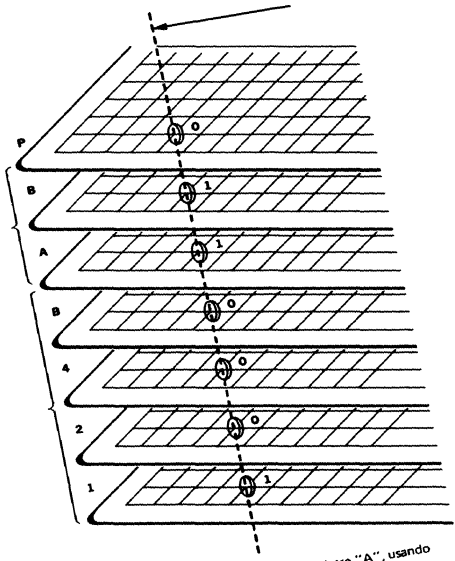


Figura 8.20. Representación de una letra "A", usando núcleos de memoria en planos tridimensionales.

Minidiscos[6]

A diferencia de los discos convencionales contruidos de metal, los minidiscos son pequeños discos de plástico cubiertos con una funda protectora de forma cuadrada de material plastificado (véase figura 8.21). La superficie

[6] Estas unidades se conocen también con su nombre en inglés: *diskette* o *floppy-disk*. Se decidió utilizar en esta obra el nombre *minidisco* por resultar más compacto y descriptivo que el de *discos flexibles* que también es de uso común.

Figura 8.21. Minidisco.

activa de los minidiscos está formada, al igual que en los discos convencionales, por una capa de material magnetizable.

Los minidiscos han recibido un fuerte impulso en los últimos años [15], ya que representan una forma económica y conveniente de almacenar información con las facilidades de acceso directo. Son particularmente adecuados como memorias secundarias de equipos de microcomputación, como medio de almacenamiento en terminales y como una forma de transferir información de una localidad a otra.

Existen diversos tipos y modalidades de minidiscos [8]. Por lo que respecta al tamaño, existen los de 5 1/4" (13.3 cm) y los de 8" (20.3 cm). Estos últimos fueron los primeros que lograron amplia utilización en el mercado y son preferibles para aplicaciones con volúmenes de datos relativamente grandes.

A diferencia de los discos convencionales, en los minidiscos las cabezas de lectura/grabación están en contacto con la superficie del disco. Esto implica que la vida útil del disco, que generalmente oscila entre 40 y 60 horas de uso depende del tiempo de operación efectiva y de la calidad del minidisco. Esta limitante no resulta tan crítica si se considera que el minidisco sólo se activa durante la lectura/grabación.

La necesidad de que la cabeza lectora/grabadora esté en contacto con el disco deriva de que los minidiscos giran a velocidades relativamente lentas (unas 300 revoluciones por minuto, o sea unas 10 veces menos que los discos convencionales). Esto a su vez obedece a las características físicas del minidisco y a factores de costo.

Existen diversas variantes en la forma de uso de los minidiscos, que afectan su capacidad de almacenamiento. En particular, existen las modalidades de densidad sencilla, doble densidad, uso de un lado y uso de ambas caras del disco. Para los minidiscos de 5 1/4" el intervalo de capacidades por disco depende del dispositivo de grabación y va de aproximadamente de 100 000 caracteres a cerca de 600 000. En el caso de los minidiscos de 8", las capacidades van de 250 000 caracteres a cerca de 2 millones. Las nuevas técnicas de grabación perpendicular prometen ampliar considerablemente estas capacidades. La capacidad de los minidiscos también se ve afectada por el formato en que se distribuye la información almacenada. Esto es, depende del número de sectores y de pistas que se definen en el disco, así como del tamaño de cada sector y del número de pistas reservadas para control de información o para el sistema operativo.

El tiempo promedio de acceso en los minidiscos es del orden de 1/3 de segundo por registro, aunque puede variar según la organización de los datos que se tenga. Estos tiempos resultan muy adecuados en muchas aplicaciones de microcomputadoras.

La posibilidad de mantener pequeños archivos descentralizados en una institución resulta viable con los minidiscos y es una opción que está teniendo gran aceptación por las ventajas que ofrece en cuanto a costo, accesibilidad de la información, facilidad para duplicación y para distribución, conveniencia para centralizar datos enviados los discos a una unidad coordinadora, etc. Dadas las características técnicas, legislativas y de costos del teleproceso en países como México, y otros países latinoamericanos, el minidisco resulta una opción para trasferir información, ya que ofrece la ventaja de enviar información sin requerir de líneas telefónicas, muchas veces inaccesibles.

Otro aspecto de gran importancia es la capacidad de los minidiscos para manejar archivos en acceso directo, lo cual permite una gran flexibilidad en el manejo de la información.

Conviene destacar que los minidiscos también tienen algunos inconvenientes. En primer lugar, son totalmente inadecuados para volúmenes grandes de información como medio principal de almacenamiento, aun cuando son útiles como medio de trasmisión.

Adicionalmente, los minidiscos presentan el problema de desgaste físico de su superficie activa y peligros de pérdida de la información almacenada debido a mal manejo de los mismos (huellas digitales, dobladuras, polvo, rayones, etc.). Este problema obliga a mantener siempre una copia cuando menos de cada disco que tenga información importante.

A pesar de estos inconvenientes menores los minidiscos representan un avance importante en los medios de almacenamiento, tanto por su bajo costo, como por el bajo costo de los equipos necesarios, por su capacidad de almacenamiento, facilidad de operación y conveniencia.

Recientemente, se han introducido al mercado nuevas versiones de minidiscos basadas en discos de base rígida. Estos nuevos dispositivos combinan las características de los discos convencionales en cuanto a capacidad con la conveniencia de los minidiscos en cuanto a precio y manejo.

Minicintas

Estas unidades, conocidas también como "cassettes", se utilizan a menudo como unidad de almacenamiento secundario en sustitución de tarjetas perforadas y de cintas de papel perforado.

Se utiliza un cartucho idéntico al que se emplea para "cassettes" de audio (véase fig. 8.22); sin embargo, la cinta difiere de las de audio en su calidad y en la longitud del tramo inicial y final. Algunos equipos pueden operar con grabadoras convencionales de sonido como unidad de entrada/salida.

Figura 8.22. Minicintas.

La principal ventaja de las minicintas reside en su bajo costo, tanto para el equipo como para las cintas. Sus desventajas principales son la baja velocidad de transferencia y los problemas que presenta en algunos casos para leer la información en forma confiable.

A diferencia de las unidades de cinta convencionales, las minicintas registran los datos en una sola pista, en forma secuencial, bit por bit. El registro de los datos se hace en forma analógica, modulando la señal sobre una onda portadora; esto es, se graban los datos del mismo modo que se graban sonidos. Su capacidad generalmente va de 100 a 300 K bytes.

Las principales aplicaciones de las minicintas se encuentran en captura de pequeños lotes de datos, como memoria secundaria de microcomputadoras y de terminales, y como un medio de envío de información.

Burbujas magnéticas

Un dispositivo que ofrece ciertas posibilidades para almacenar grandes cantidades de datos a bajo costo y con altas velocidades es la unidad de burbujas magnéticas [5].

Las burbujas magnéticas se forman al someter una lámina de ciertos materiales a un campo magnético (véase fig. 8.23). Cuando la intensidad del

campo magnético alcanza un valor adecuado, parte de la lámina queda magnetizada en un sentido, mientras pequeños puntos o burbujas se encuentran magnetizados en sentido contrario. Estas burbujas representan "bits" de información y pueden generarse, moverse o desaparecerse a voluntad.

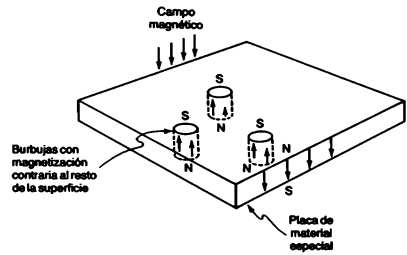


Figura 8.23

Estos dispositivos se utilizan actualmente como memorias secundarias en sustitución de discos magnéticos en los casos en que se tienen problemas de espacio, peso o condiciones ambientales adversas. Generalmente su capacidad es cercana a un millón de bytes.

Videodiscos

El desarrollo de medios ópticos para almacenamiento de información se ha vuelto práctico en los últimos años con la introducción de los videodiscos [14]. Estos dispositivos almacenan datos codificados en forma binaria por medio de marcas o perforaciones sobre una superficie reflejante. Un rayo láser permite detectar los códigos así registrados.

En la actualidad, los videodiscos se aplican principalmente en el manejo de imágenes en sustitución o como complemento de "video-tape"; sin embargo, ya existen modos de conectarlos a equipos de cómputo para manejar información de otra naturaleza.

La principal ventaja de los videodiscos consiste en su alta capacidad de almacenamiento a bajos costos. Un disco de 30 cm de diámetro tiene capacidad para más de 2 500 millones de caracteres.

La desventaja más importante de los videodiscos radica en la imposibilidad de borrar la información grabada, aunque se espera resolver este problema en el futuro cercano.

Terminales

Hasta ahora, todas la unidades periféricas vistas son las que se encuentran físicamente junto al procesador, es decir, a unos cuantos metros de éste. Existen, sin embargo, unidades de entrada/salida que no se encuentran en el mismo sitio que el sistema de cómputo. Estas unidades pueden ser cualesquiera de las vistas, sólo que en este caso, para poder trasmitir datos a la computadora, es necesario un componente más: una línea de trasmisiones que permita comunicación directa entre el procesador y la unidad remota de entrada/salida.

La información desde una terminal remota puede ser enviada en forma directa o mediante el dispositivo de almacenamiento propio de la unidad, conectado a una línea de trasmisión hasta la computadora.

Cuando los datos se trasmiten directamente desde la estación remota al procesador, se emplea una unidad que al mismo instante que recolecta los datos hace que sean enviados a la computadora.

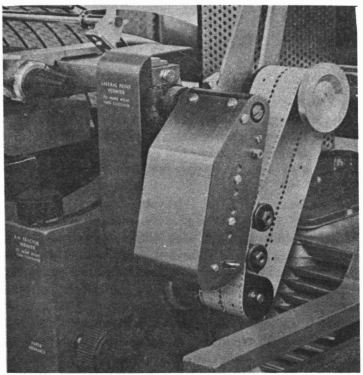


Figura 8.24. "Terminal de tecleo." (Cortesía de IBM.).

Para trasmitir datos a la computadora se emplean máquinas "terminales de tecleo" (fig. 8.24). Cada dato tecleado es convertido en un impulso eléctrico que viaja con la frecuencia de la línea de trasmisión usada y llega

a un acoplador que lo decodifica y envía a la unidad central de proceso. El uso de estas máquinas se ha extendido, sobre todo, en sitios como bancos, líneas aéreas, tiendas de crédito, etc., donde el tiempo de respuesta que se requiere para procesar una transacción es sumamente corto. Acoplada a una máquina de este tipo puede tenerse una impresora de carácter por carácter, o una pantalla de rayos catódicos para desplegar la información que se maneja.

Las líneas de trasmisión más usadas hoy día son: telegráficas, telefónicas, de microondas, y se están empezando a utilizar líneas vía satélite, así como redes de transmisión digital especializadas.

Las líneas telegráficas son lentas; permiten trasmisiones con velocidades de aproximadamente diez caracteres por segundo. Su uso se limita, debido a su lentitud, a procesos donde el tiempo de respuesta y el volumen de los datos por trasmitir no afectan el proceso ni la decisión que ha de obtenerse.

Las líneas telefónicas permiten trasmisiones rápidas, que van desde 200 hasta 19 000 caracteres por segundo; sin embargo, por los problemas que acarrean las altas velocidades en las líneas telefónicas, su uso se ha generalizado con trasmisiones que oscilan entre 300 y 2 400 caracteres por segundo.

Las líneas de trasmisión por microondas resultan caras de operar. La velocidad de trasmisión por microondas está limitada únicamente por la capacidad de emisión y recepción de los equipos acoplados a éstas.

La decisión de cuál de los tipos de trasmisión debe usarse depende de:

a) el tiempo de respuesta requerido;
b) el volumen de datos por procesar;
c) el respaldo que debe dársele al sistema de comunicación para que resulte confiable;
d) el costo de la instalación;
e) la disponibilidad de líneas en el mercado, y
f) aspectos de legislación de las comunicaciones.

Estos factores deben ponderarse y, además, determinar con base en costo-beneficio la forma de trasmisión más viable.

Existe un sinnúmero de dispositivos que actualmente se conectan a una unidad central de proceso como entidades terminales, desde pantallas de rayos catódicos con tablero de tecleo, hasta relojes "checadores", pantallas sensibles al tacto, terminales inteligentes, etc.

Existen incluso diversos modelos de terminales portátiles que pueden acoplarse a un teléfono común. Algunas de ellas son unidades de bolsillo y otras incorporan unidades de minidisco o aun una unidad central de proceso pequeña. Lo importante es que todos estos elementos, y los que se prevé surgirán como terminales, están ocasionando que todas las labores tiendan a ser administradas a través de centros dotados de computadoras electrónicas. El uso de microcomputadoras como terminales está abriendo un nuevo umbral en el modo de interacción entre el hombre y la computadora.

Un tipo de terminal particularmente importante son las pantallas de rayos catódigos (fig. 8.25). Esta unidad consta de una pantalla parecida a la del televisor de uso doméstico.

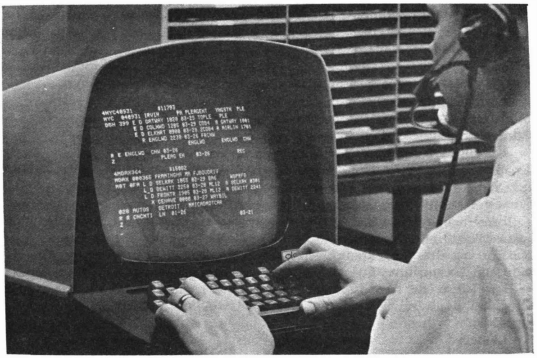


Figura 8.25. Pantalla de rayos catódicos.

El uso de las pantallas ha venido a revolucionar el cómputo ya que a través de éstas, trabajando en forma conjunta con programas de actualización o consulta, evitan la penosa faena de imprimir largos reportes y listas que hacen inadecuado el uso de la computadora.

Consolas

La consola, aunque también es una unidad de entrada/salida, básicamente se usa para operaciones de control. La consola de una computadora varía según la configuración, marca y uso que se le dé. Integradas por una serie de interruptores, luces, teclas, en fin, por mecanismos que permiten comunicación directa con la unidad central de proceso, las consolas se usan para controlar el sistema de cómputo desde fuera, así como para intervenir en las interrupciones que cause el sistema durante el proceso de un trabajo.

Para trasmitir y comunicarse con la unidad central de proceso las consolas pueden tener asociados, una máquina de escribir, una serie de botones y luces solamente, una lectora de tarjetas, o una pantalla de rayos catódicos (véase fig. 8.26).

A través de la consola el operador puede restablecer cualquier proceso, causar interrupciones en un trabajo que está en proceso, asignar prioridades a

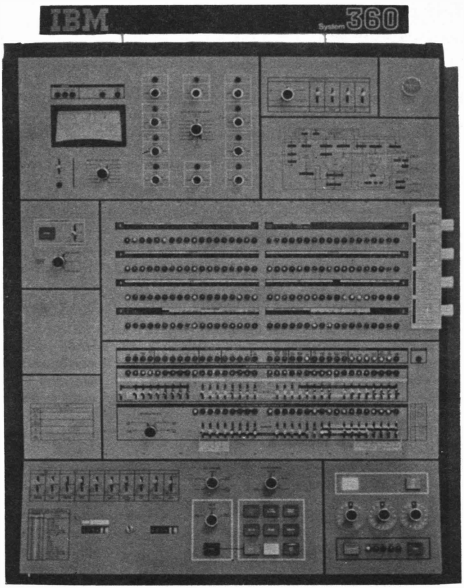


Figura 8.26. Consola. (Cortesía de IBM.)

los programas que han de cargarse en la memoria del procesador central, corregir o alterar instrucciones de un programa, llamar rutinas que se encuentran en almacenamientos secundarios, etc. La consola es la unidad por medio de la cual iniciamos los proceso, controlamos las asignaciones de programas y manejamos las interrupciones de los desarrollos que se llevan a cabo.

La consola no se usa para programar una computadora; sólo controla la carga de los programas, desde otras unidades al procesador central.

UNIDADES DE SALIDA

Impresora de líneas

Esta unidad se encuentra habilitada para imprimir sobre papel resultados que se envían desde la unidad central de proceso. La información que ha de imprimirse se arma de acuerdo con un formato previamente definido en la memeoria central del procesador, para posteriormente ser enviada a la unidad de impresión, la cual imprime línea por línea de acuerdo con un cierto formato de impresión.

Las impresoras usadas hoy día en las máquinas de tercera generación son mucho más rápidas y precisas que las anteriores; sin embargo, aún siguen siendo un "cuello de botella" en los sistemas de cómputo, ya que en procesos donde se requiere mucho trabajo de impresión, la eficiencia del uso de la computadora decae en gran medida.

La unidad de impresión tiene un mecanismo que controla línea a línea el avance del papel; lo cual se logra con una cinta perforada unida por sus extremos; el aro que forma ésta es generalmente de una longitud igual o de un múltiplo de la longitud de cada documento que se va a imprimir (fig 8.27),[7] véase apéndice B .

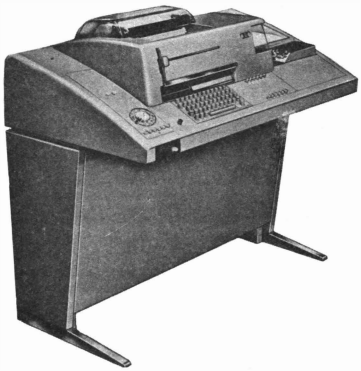


Figura 8.27. Cinta de control de carro.

[7] Este sistema es idéntico al usado en máquinas tabuladoras.

La cinta de control de carro cuenta con varios canales que pueden ser perforados a una altura conveniente al formato de impresión. La detección de una perforación en un canal, ocasiona que la máquina impresora brinque un determinado número de renglones. Algunos canales se manejan por circuitos internos de la máquina (hardware); en este caso, cuando se detecte una perforación en uno de estos canales, la decisión de saltar es tomada por la máquina. Otros canales se manejan por programa; en este caso, cuando una perforación se detecta en uno de estos canales la decisión de saltar está dada por el programa almacenado en memoria que maneje el proceso de impresión.

Existen básicamente tres tipos de formas de impresión que cubren actualmente casi la totalidad de impresoras: de barras, de cadenas y de rodillos.[8]

La impresora de barras ha sido prácticamente desplazada de los equipos de tercera generación; sin embargo, su uso sigue vigente en tabuladoras de registro unitario y en algunos equipos de cómputo anteriores a la tercera generación. Cuenta con una cantidad de barras igual al número máximo de caracteres que pueden imprimirse en una línea. Cada barra contiene todos los caracteres de impresión; es decir, todo el abecedario, los números del 0 al 9 y los caracteres especiales que maneje la computadora. Cuando se requiere imprimir una línea, las barras se desplazan de acuerdo con una línea tangente al rodillo de impresión hasta colocar en la posición correcta cada carácter que ha de ser impreso sobre el papel (fig. 8.28). Cuando las barras quedan en la posición adecuada, un martillo golpea sobre ellas para dejar en esa forma impresa una línea en el papel.

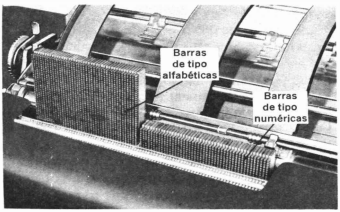


Figura 8.28. Impresora de barras. (Cortesía de IBM.)

La impresora con cadena cuenta, como su nombre lo indica, con una cadena circular que contiene varios juegos de todos los posibles caracteres de impresión. La cadena gira transversal a la hoja de papel, en forma tal que para

[8] Existen otras impresoras que por su complejidad, operación y costo son usadas a escala mínima.

imprimir una línea se usa caracteres de uno u otro sector de la cadena indistintamente; todo depende de cómo esté circuitada la máquina para accesar los caracteres que vayan pasando frente al papel (véase fig. 8.29). La impresión de una línea, en este caso, no se realiza a un tiempo como en la impresora con barras, sino que se lleva a cabo al tiempo que un carácter de la cadena pasa por la posición dode se requiere su impresión. Cuando todos los caracteres necesarios de una línea han sido impresos, la unidad de impresión retorna el control de sí misma a la unidad central de proceso en espera de una nueva línea de impresión. Este es el tipo más común de impresora de líneas.

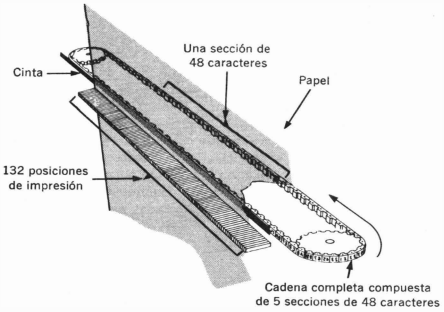


Figura 8.29. Impresora de cadena.

La impresora de rodillo deriva su nombre del dispositivo de impresión que contiene tantos renglones en su circunferencia como letras hay en el alfabeto, además de los números del 0 al 9 y caracteres especiales. Cada renglón contiene solamente caracteres iguales, un renglón exclusivo de A, otro de B, etcétera (fig. 8.30). La impresión de una línea se logra en una vuelta completa del rodillo; primero se imprime todas las A de la línea, luego las B y así hasta la Z; después, los números y, por último, los caracteres especiales. Habiendo impreso una línea, el control de la impresora lo toma la unidad central de proceso.

Impresora de caracteres

Estas impresoras imprimen carácter por carácter. Un ejemplo de este tipo de impresora se encuentra en los teletipos, en donde cada carácter se impri-

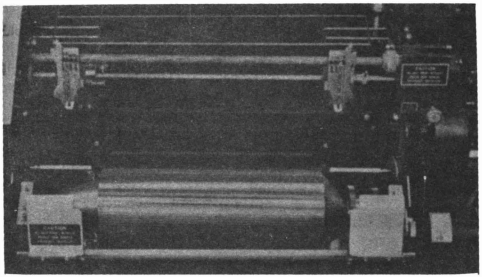


Figura 8.30. Impresora de rodillos (Cortesía de IBM.)

me dirigiendo un carácter individual en tipo contra una cinta entintada el cual es presionado sobre el papel por imprimir. Desde luego, existen diversos mecanismos y métodos de impresión de este tipo de impresora, la selección de uno u otro tipo deberá realizarse con base en un adecuado análisis de su rentabilidad, y de las posibilidades de explotación [6]. Un caso pertinente es el de las impresoras silenciosas de caracteres en donde la impresión se lleva a cabo por medio de técnicas térmicas o electrostáticas. Sus ventajas de uso parecen objetivas, sin embargo, el hecho de que requieran papel especial y materiales especializados de repuesto y mantenimiento las hacen menos versátiles en países donde los materiales deben importarse, por lo que se prefieren las comúnmente utilizadas antes de la aparición de aquéllos.

Aunque las impresoras de caracteres tienen velocidades relativamente bajas (hasta unos 200 caracteres/seg.), proporcionan un medio barato de impresión para pequeños volúmenes de datos. Estas impresoras se encuentran generalmente ligadas a terminales que pueden conectarse a una computadora de manera que a través de éstas el usuario pueda entrar en contacto directo con la computadora. En algunas instalaciones es mejor asociar este tipo de impresoras a las consolas de la computadora con el propósito de llevar una bitácora permanente de los procesos efectuados. También son muy usadas con las microcomputadoras (véase fig. 8.31).

Existen dos formas principales para la impresión por caracteres: la impresión por caracteres preformados, utilizada en procesadores de palabras para escribir cartas, documentos, etc., que opera de modo semejante al de una máquina eléctrica de escribir; y la impresión de matriz que forma los caracteres a base de puntos (véase fig. 8.32).

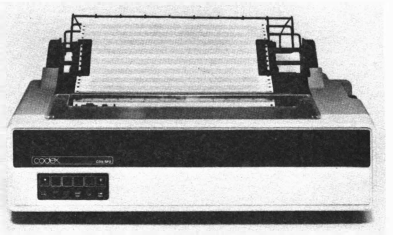


Figura 8.31. Impresora de caracteres de 80 columnas y velocidad de 60 caracteres por segundo. (Cortesía de CODEX.)

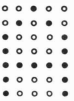


Figura 8.32. Formación de la letra "A" en una impresora de matriz.

Las impresoras de matriz son generalmente más económicas e imprimen a velocidades más altas que las de caracteres preformados, sin embargo la calidad de letra que pueden producir no es tan buena.

Impresora de páginas

En los últimos años la necesidad de contar con impresoras cada vez más veloces, ha impulsado el desarrollo de una nueva familia de impresoras que se orientan a imprimir página por página [13]. El tipo más utilizado es el de las llamadas impresoras "Láser" ya que utilizan un rayo láser para imprimir, a través de un sistema parecido al que se usa en el fotocopiado.

Estas impresoras pueden manejar tanto formas continuas, como hojas sueltas de papel "bond". En este último caso, se pueden realizar grandes ahorros en el costo del papel.

Dada la forma en que el rayo láser "dibuja" las letras, es posible imprimir

con letras de diversos tipos de variadas formas y con diferentes tamaños. También es posible dibujar logotipos y formatos parecidos a los de formas preimpresas. Esto representa una gran facilidad y permite realizar ahorros considerables de papelería, además de ofrecer una gran flexibilidad.

Las velocidades de estos equipos alcanzan más de 20 000 líneas por minuto.

Una de las principales desventajas de estos equipos radica en la imposibilidad de generar reportes con copias al carbón. Sin embargo, dada su velocidad, generalmente resulta conveniente producir tantas copias originales como sea necesario.

Otro tipo de impresoras de página es el que utiliza la técnica de "gotas de tinta". Esto es, el reporte se va "pintando" con gotas de tinta proyectadas a alta velocidad sobre el papel, en las posiciones necesarias.

Estas impresoras no son tan veloces como las de rayos láser, sin embargo presentan la posibilidad de generar impresos a todo color, incluyendo gráficas y dibujos.

Perforadora de tarjetas

Cumple una función de salida; su uso, fuera de los sistemas orientados a tarjetas (card systems) es muy limitado ya que no permite obtener información en caracteres legibles y en un formato adecuado a la sensibilidad del hombre; además, vaciar resultados en tarjetas representa grandes desventajas comparado con otro tipo de dispositivos tales como cintas, discos, etcétera. Tales desventajas se manifiestan tanto en costo como en manejo.

Perforadora de cinta de papel

Al igual que la perforadora de tarjetas su uso es limitado, aun cuando permite velocidades de proceso mayores que las perforadoras de tarjetas, dista mucho de igualar a otros dispositivos de almacenamiento y, en cuanto a operación, la desventaja se hace mayor.

Unidad de microfilm (COM)

La microfilmación representa otra opción para manejar información. En este caso, se utilizan medios ópticos para almacenar grandes volúmenes de datos en pequeños espacios físicos.

Existen muchas modalidades y variantes en la microfilmación. La modalidad más interesante para nuestro caso es la conocida como COM (Computer Output Microfilm-Salida de computadora por microfilm). En este caso, la unidad de microfilm transfiere los códigos electrónicos usados en la computadora a una imagen en microfilm, que puede leerse con un lector económico y fácil de usarse.

Hay dos posibilidades para utilizar el COM. La primera consiste en conectar "en línea" la unidad de microfilmación y generar directamente el microfilm. La segunda consiste en generar una cinta magnética con los datos por microfilmar y procesarla en la unidad de microfilmación "fuera de línea".

Generalmente la segunda opción resulta más conveniente, ya que permite utilizar servicios de empresas especializadas, sin que se requiera comprar un equipo costoso.

Existen varias opciones para la forma física del microfilm: microfichas, rollos de 16 mm, cartuchos con indizado y búsqueda automática, película de 35 mm, etc. Sin embargo, lo más utilizado son las microfichas ya que resultan económicas, fáciles de usar, convenientes para la búsqueda de datos, y adecuadas para distribuir copias a diversas áreas de la organización. Una microficha de 15 X 10.5 cm contiene 207 páginas de información y una página de índice para facilitar la búsqueda de datos.

La velocidad de impresión en las unidades COM es muy alta, superior a las 30 000 líneas por minuto; esto permite descargar las impresoras del sistema a un costo bajo y sin generar cantidades excesivas de papel.

El bajo costo de los duplicados de microfichas permite generar copias de respaldo y/o copias de trabajo que pueden enviarse por correo o mensajero con gran facilidad.

En general, el microfilm resulta conveniente para los casos en que se tienen grandes volúmenes de datos, cuando se desean documentos con uso poco frecuente para objeto de archivo o cuando se requiere distribuir muchas copias de los reportes en forma periódica.

La generación de microfilm en unidades COM puede realizarse mediante varios procedimientos. Uno de ellos se representa en la figura 8.33

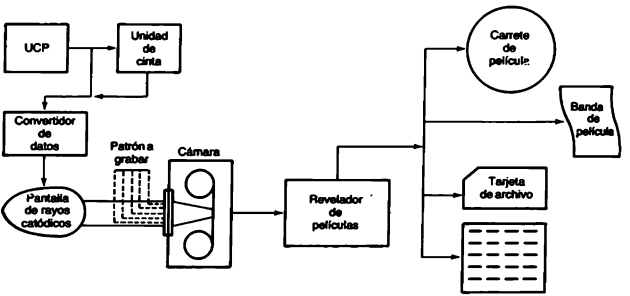


Figura 8.33. Ejemplo de un proceso de grabación en microfilm.

Graficadores

Debido a la necesidad de reducir cuantiosos volúmenes de datos por imprimir y mostrar más rápida y objetivamente los resultados de las operaciones de aplicaciones para control, se ha venido intensificando el uso de gráficas emitidas por medio de la computadora. Si bien en un principio esto vino realizándose mediante impresoras de línea, su creciente uso ha propiciado que los fabricantes se hayan abocado a la construcción de equipo especializado para elaborar gráficas por medio de computadoras.

Los equipos utilizados para graficar son fundamentalmente:

a) Pantallas de rayos catódicos
b) Graficadores en papel

Gráficas por medio de pantallas de rayos catódicos. Aprovechando la tecnología más avanzada en rayos catódicos, ciertos fabricantes se han especializado en terminales para la presentación gráfica de resultados, de manera que el usuario puede obtener respuestas visuales en una pantalla, incluso en policromías aprovechando las posibilidades técnicas de despliegue en color. En la figura 8.34 se muestra una pantalla de una terminal con resultados

Figura 8.34. Gráfica en pantalla de rayos catódicos.

graficados. La desventaja de este equipo estriba en que el despliegue sólo es momentáneo, es decir la imagen se emite y sostiene durante el lapso que lo desee el usuario. Sin embargo esta situación ha sido remediada hasta cierto punto; existe la posibilidad, en la mayoría de estas terminales, de asociar una fotocopiadora o cámara fotográfica que imprima lo que se encuentra desplegado en pantalla.

Gráficas obtenidas por graficadores en papel. Estos graficadores elaboran gráficas mediante dos tipos de posibilidades: *a*) plumas y lápices convencionales o *b*) técnicas electrostáticas. En el primer caso la velocidad de graficación depende fundamentalmente del movimiento del papel o de las plumillas y no de la cantidad de información que ha de graficarse. Los caracteres o líneas son registrados individualmente. La densidad de impresión varía de acuerdo con el resultado y puede alcanzar alrededor de 1 000 puntos por pulgada. El control de las plumas se realiza por medio de software. Este primer tipo de graficadores con plumas se conocen como "graficadores convencionales".

Para lograr la impresión de las gráficas en graficadores electrostáticos, se usan electrodos direccionables de escrituración. Conforme el papel, especialmente recubierto, va pasando por debajo de la cabeza graficadora, los electrodos se accionan para registrar ciertas cargas variables sobre el papel. El papel cargado electrostáticamente es entonces revelado con partículas de carbón, las cuales se depositan de acuerdo con la carga almacenada en el papel en forma de puntos negros.

Conviene destacar que recientemente muchas impresoras de caracteres han sido habilitadas para imprimir gráficas en forma económica utilizando las matrices de puntos empleadas en la escritura de texto. Aunque estos equipos tienen limitaciones en cuanto a la calidad, velocidad y flexibilidad de graficación, ofrecen resultados satisfactorios y adecuados para muchas aplicaciones, a un costo muy bajo. Recientemente se han introducido equipos que ofrecen la posibilidad de textos y gráficas en colores, mediante técnicas semejantes a las de matriz de puntos por impacto y una nueva modalidad a través de "chorros" de tinta de colores que van pintando sobre el papel lo que se desee.

Unidades especializadas

Existen diversas opciones de unidades de salida para aplicaciones especiales. Dos de las más interesantes son:

1. **Convertidores analógico/digitales.** Se utilizan para transformar los datos digitales que genera la computadora en una forma analógica. Generalmente esto es necesario para controlar aparatos industriales y se asocia a los procesos de automatización de equipos y de fábricas.
2. **Sintetizadores de voz.** Éstos son aparatos que pueden convertir un código de la computadora en un sonido parecido a la voz humana. Sus aplicaciones a sistemas de interacción hombre-máquina y a facilitar el uso de la computadora al gran público son muy promisorias. Se utilizan también para sistemas automáticos de respuesta y en otros aparatos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Abrams, Peter, y Corvine, Walter *Elementos de proceso de datos*, CECSA, México, 1970.

[2] Arnold, Robert, Hill, Harold C., y Nichols, Aylmer V., *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Limusa, México, 1971.

[3] Angier, Natalie, "The Organic Computer", *Discover*, vol. 3, núm. 5, pág. 76, mayo 1982.

[4] Benice, Daniel, D., *Introducción a las computadoras y proceso de datos*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1973.

[5] Bobeck, Andrew, y Scovil, H. E., "Magnetic Bubbles", *Scientific American*, vol. 224, núm. 6, pág. 78, junio 1971.

[6] Burawa, Alexander, "Choosing a printer for a small computer", *Popular electronics*, vol. 20, núm. 3, pág. 37, marzo 1982.

[7] Chu, Yaohan, *Computer Organization and Microprograming*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1972.

[8] Electronics Theory Handbook, "Inside Computers", *Electronics Theory Handbook*, Edición 1981, Davis Publ. Inc., Nueva York.

[9] Fuori, William M., *Introduction to the Computer*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1977.

[10] Jordain, Philip, *Condensed Computer Encyclopedia*, Mc Graw-Hill, Nueva York, 1969.

[11] Laurie, Edward, *Modern Computer Concepts*, South-Western, Cincinnati, 1970.

[12] Martin, James, *Desing of Real-Time Computer Systems*, Prince-Hall, Inc., New Jersey, 1967.

[13] Miller, Frederick, "New Roles for Page Printers", *Infosystems*, pág. 90, junio 1978.

[14] Moberg, Dick, Laefsky, Ira, "Videodisks and Optical Data Storage", *Byte*, vol. 7, núm. 6, junio 1982.

[15] Moran, Tom, "New Development in floppy Disks", *Byte*, vol. 8, núm. 3, marzo, 1983.

[16] Noyce, Robert N., "Microelectronics", *Scientific American*, vol. 237, núm. 3, pág. 62, septiembre 1977.

[17] Pylyshyn, Zenon (Dir.), *Perspectivas de la revolución de los computadores*, Alianza Editorial, Madrid, 1975.

[18] Solomon, Leslie, "Basics of Computer Disk Systems", *Popular electronics*, vol. 18, núm. 5, pág. 53, noviembre 1980.

[19] Soucek, Branko, *Minicomputers in Data Processing and Simulation*, J. Wiley, Nueva York, 1972.

[20] Turn, Rein, "Computers in the 1980's". *The Rand Corporation*, California, documento AD-783-323, marzo 1974.

[21] Weitzman, Cay, *Distributed Micro/Minicomputer Systems*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1980.

9

Programación de computadoras

PRINCIPIOS DE PROGRAMACIÓN

Una peculiaridad de las computadoras que permite distinguirlas de las máquinas calculadoras anteriores, es que trabajan sin intervención humana alguna, salvo en dos momentos:

Cuando se les introducen los datos iniciales y el programa; y el posterior, cuando escriben el resultado final.

En general, podemos decir que un punto fundamental que viene a determinar la gran diferencia entre una simple calculadora y una computadora electrónica es que esta última sigue una secuencia lógica en sus operaciones y puede tomar decisiones sobre éstas; para ello, además de sus posibilidades de cálculo, la máquina puede manejar algoritmos.

"El *algoritmo* es uno de los conceptos fundamentales en las matemáticas. Entendemos por tal una prescripción exacta del orden determinado en que ha de ejecutarse un sistema de operaciones para resolver todos los problemas de un cierto tipo" [21].

Desde luego que definir algoritmo en esa forma no refleja su concepción matemática, sino solamente elucida su significado.

Algoritmo se deriva del nombre de Al-Joresm, matemático uzbeko de la Edad Media, que enunció en el siglo IX, reglas para el método y notación en las distintas formas de cálculo. Los algoritmos más simples son las reglas de acuerdo a las cuales se ejecutan las cuatro operaciones aritméticas elementales: suma, resta, multiplicación y división [21].

Veamos ahora el algoritmo de la suma de dos cantidades:

Paso 1. Verificar que las unidades por sumar se correspondan en columnas (unidades con unidades, decenas con decenas, etcétera).

Paso 2. Sumar los dígitos de la columna más a la derecha, que aún no haya sido sumada.[1]

[1] Nótese que cuando empezamos, la primera columna a sumar es la de la extrema derecha.

Paso 3. Si la suma fue menor que diez ir al paso 6, si no, ir al paso siguiente.
Paso 4. Sumar uno a cualquiera de los dígitos inmediatos a la izquierda de los sumandos.
Paso 5. Restar diez a la suma obtenida del paso 2.
Paso 6. Escribir el resultado debajo de la columna sumada.
Paso 7. Si hay dígitos significativos en la columna a la izquierda de la última columna sumada regrese al paso 2, si no, siga en secuencia.
Paso 8. El resultado es el número que forman las cifras obtenidas en el paso 6.

Ejemplo 9.1

Sumemos con base en este algoritmo las siguientes dos cantidades:

$$143.2 + 85$$

El paso 1 nos señala que verifiquemos las unidades por sumar, entonces queda:

$$\begin{array}{r} 143.2 \\ +\ 85.0 \\ \hline \end{array}$$

El paso 2 nos indica sumar $2 + 0$, lo cual es igual a 2. (En este caso como no habíamos sumado ninguna cifra antes, éstas serán las cifras más a la derecha que han de sumarse.)

El paso 3 nos envía el paso 6 ya que la suma fue menor que 10; es decir: $2 + 0 = 2 < 10$.

El paso 6 determina que escribamos el resultado (en este caso como no hay una cifra de una suma anterior sólo escribiremos 2), o sea:

$$\begin{array}{r} 143.2 \\ +\ 85.0 \\ \hline .2 \end{array}$$

El paso 7 nos envía al paso 2 ya que tenemos dígitos significativos a la izquierda de los números sumados.

El paso 2 nos indica sumar $3 + 5 = 8$.

El paso 3 nos envía al paso 6 ya que $8 < 10$.

El paso 6 nos indica escribir el resultado a la izquierda de .2, o sea:

$$\begin{array}{r} 143.2 \\ +\ 85.0 \\ \hline 8.2 \end{array}$$

El paso 7 nos envía al paso 2 ya que los próximos dígitos a la izquierda por sumar, son significativos.

El paso 2 nos indica sumar $4 + 8 = 12$.

El paso 3 no nos envía al paso 6, ya que en este caso el resultado no es menor que diez; por tanto, continuamos con el siguiente paso o sea:

En el paso 4, sumamos uno a cualquiera de los números inmediatos a los sumados.

El paso 5 nos indica restarle diez a 12; esto es:

$$12 - 10 = 2.$$

El paso 6 nos indica escribir el resultado a la izquierda de 8, o sea:

$$\begin{array}{r} (1) \\ 143.2 \\ +\ 85.0 \\ \hline 28.2 \end{array}$$

El paso 7 nos envía al paso 2, ya que existe cuando menos un dígito inmediato, a la izquierda de los ahora sumados.

El paso 2 nos indica sumar $1 + 1 = 2$.

El paso 3 nos envía al paso 6 ya que $2 < 10$.

El paso 6 nos indica escribir el resultado a la izquierda de 2; o sea:

$$\begin{array}{r} 143.2 \\ +\ 85.0 \\ \hline 228.2 \end{array}$$

El paso 7 no nos envía al paso 2, ya que en este caso no tenemos cifras significativas a la izquierda de los últimos dígitos sumados.

El paso 8 nos indica este resultado: 228.2 o sea:

$$143.2 + 85.0 = 228.2.$$

Como vemos la naturaleza formal de estas operaciones elementales radica en que pueden ejecutarse automáticamente en términos de un algoritmo.

El mismo principio es el que sirve de base para programar una computadora; es decir, para que una máquina opere y realice un proceso, es necesario proporcionarle instrucciones; éstas siguen un algoritmo capaz de resolver un problema tal como lo hace el hombre.[2] Notemos que el algoritmo no es más que una secuencia de pasos que deben seguirse para resolver un problema.

"Un programa de computadora, entonces, no es más que un algoritmo transcrito a instrucciones legibles para la computadora. Se define un pro-

[2] Nos referimos al proceso a seguir para resolver un problema; no a los mecanismos pertinentes.

grama como: todos los pasos necesarios y las correspondientes instrucciones para dirigir el sistema de cómputo hacia la resolución de un problema o para llevar a cabo una aplicación de proceso".[3] Como vemos esta definición forma parte de la definición de algoritmo; incluso podríamos resumir la definición anterior diciendo que un programa es un algoritmo que permite operar una computadora.

Una definición de algoritmo más rigurosa puede lograrse estudiando la máquina de Turing. Esta máquina es un modelo matemático en abstracto, debe su nombre a A. M. Turing quien en 1936 la conceptualizó en un documento relacionado con la teoría de la computación.

Los algoritmos que operan la máquina de Turing están compuestos de instrucciones pertenecientes a un conjunto muy restringido. Las instrucciones son obedecidas por un supuesto dispositivo automático de computación integrado a la máquina.

Asociado con la máquina de Turing se tiene una cinta de papel de longitud infinita. Sobre una cara de la cinta se tienen divisiones regulares que forman cuadrados o celdas, cada una de ellas puede contener uno y sólo un símbolo de un alfabeto finito dado.

La máquina puede leer y escribir por medio de una cabeza lectora-grabadora. En cada instrucción la cabeza lee un cierto símbolo y escribe otro o repite el mismo leído; esta operación se realiza sobre la celda que se encuentra inmediatamente debajo de la cabeza. La máquina de Turing puede instruirse para desplazar la cabeza hacia la derecha o hacia la izquierda a lo largo de la cinta, cuadro por cuadro, de manera que es posible colocar cualquier celda debajo de la cabeza.

Conjuntamente con la cinta, que hace las veces de memoria, la máquina cuenta con otra celda asociada a la cabeza; ésta maneja un símbolo denominado el estado de la máquina,[4] tal símbolo es tomado de un alfabeto finito que en principio puede ser independiente del usado para la cinta.

Las instrucciones para la elaboración de algoritmos involucran el movimiento de la cabeza, las operaciones de cinta y los cambios de estado. Este último identifica en un instante en particular la instrucción que se está efectuando. En la figura 9.1 se muestra un diagrama conceptual de la máquina

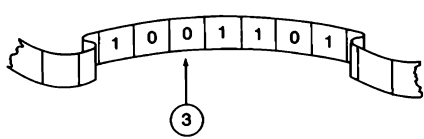


Figura 9.1

[3] Agrams Peter y Corvine Watter, *Elementos de proceso de datos*, CECSA.
[4] Se refiere a un paso en orden lógico dentro del programa; esto es, un contador de las etapas del trabajo de la máquina.

de Turing; la cabeza lectora-grabadora está representada por una flecha que señala una celda sobre la cinta. El estado de la máquina está dado dentro del círculo asociado a la cabeza.

En el apéndice del presente capítulos se presenta un esbozo de formalización de la máquina de Turing, así como un ejemplo ilustrativo.

Instrucciones básicas

Desde luego las computadoras construidas hasta hoy día no pueden captar el lenguaje del hombre en toda su magnitud. Sólo es posible que lo interpreten en parte. La computadora sólo es capaz de obedecer instrucciones simples, las cuales va ejecutando una por una, fríamente, sin percatarse en ningún momento, en forma global, del problema que en un tiempo dado esté resolviendo.

El hombre es el encargado de ensamblar estas instrucciones simples en forma tal que tengan un significado. A la persona que lleva a cabo esta tarea se le conoce con el nombre de programador.

Para programar una máquina computadora se cuenta con un cierto repertorio de instrucciones que dependen del tipo y la marca que se use; pero lo cierto es que todas éstas pueden resumirse en doce básicas. Las demás son sólo derivaciones de éstas.

Dividiremos las 12 instrucciones básicas en: *a*) aritméticas, *b*) lógicas, *c*) operativas, y *d*) de control.

Las instrucciones aritméticas son:

Sumar, restar, multiplicar y dividir.

Estas instrucciones debe manejarlas el programador para resolver fórmulas. Solamente en casos especiales la máquina tiene circuitada alguna función aritmética más compleja.

Las instrucciones lógicas son:

Compara, y *si* (condición) *entonces* (...).

La instrucción que demanda comparar, se usa para confrontar dos datos. Por lo general esta instrucción va acompañada en secuencia de la instrucción *si... entonces...* que con base en el resultado de la comparación realiza una acción en el programa.

Por ejemplo, si queremos comparar dos cantidades, digamos: 487 y 225, usaremos la instrucción; *compara* 487 *con* 225 y el resultado de la comparación quedará registrado en algún lugar del procesador central[5] que en este caso es *mayor que* o sea que 487 es "mayor que" 225. Este resultado puede ser usado inmediatamente por la instrucción (si "mayor que" entonces salta a instrucción 300) e indica que si el resultado de la comparación es "mayor que" salte a la instrucción núm. 300.

La instrucción "si (mayor que) entonces (salta a instrucción 300)" se usa para que el programa realice un salto en forma condicionada. Solamente si sucede la condición que sigue del "si", podrá ejecutarse el salto.

[5] Los posibles resultados son: mayor que, igual, menor que, negativo, positivo o cero.

Esta instrucción, por lo general, está condicionada al resultado que proporcionen otras instrucciones del programa.

La condición puede ser el resultado de:

a) una comparación;
b) una instrucción aritmética.

Las instrucciones operativas son:

Mueve, salta, lee, escribe y define.

Mueve es una instrucción que nos permitirá llevar información de un lugar a otro del procesador central. Por ejemplo, se puede mover la cantidad 465 que se encuentra a partir de la posición 1 000 de la memoria principal a un área que se encuentra a partir de la posición 2 000. Nótese que la información no se pierde cuando es emitida desde el lugar en que se encuentra originalmente. Esta es una propiedad de los dispositivos magnéticos, los cuales pueden trasmitir la información que tienen, sin perderla.

Salta es una de las instrucciones que permite a la computadora cambiar la secuencia normal de ejecución de las instrucciones, permitiéndole autodirigirse ya que a través del uso de esta instrucción puede retroalimentarse el programa que se procesa, estableciéndose *loops*. Un loop está compuesto por instrucciones que se repiten continuamente en la ejecución de un programa y pueden alterarse por medio de otras instrucciones o por ellas mismas, permitiendo así que el programa original cambie de acuerdo con el proceso que realiza éste. Lo más sorprendente es que el programa se puede modificar a sí mismo.

Cuando nos encontramos en una instrucción del programa a partir de la cual ya no queremos continuar con la que sigue en secuencia, simplemente ordenamos un salto al lugar donde se encuentra la siguiente instrucción que queremos se ejecute. Supongamos, por ejemplo, que tenemos parte del siguiente programa:

Tabla 9.1

Núm. de la instrucción	*Instrucción*
200 →	"mueve" 1 000 a 2 000
210	"escribe" .....
220	"salta" a 375
230	"lee".....
...	
...	
...	
...	
...	
...	
↓	
375	"multiplica" 435 X 15
385	"divide".....

Si después de la instrucción que está en la posición 210 queremos saltar a la instrucción que está en la posición 375, simplemente colocamos una instrucción de salto a continuación de esta instrucción: "salta" a 375.[6] Con esta instrucción el programa seguirá ejecutándose a partir de la instrucción que está en la posición 375 y no a partir de la que se encuentra en la posición 230, como sucedería si el programa no tuviese una instrucción de salto en la posición 220.

Lee es una instrucción que se usa para traer información desde un archivo manejado por un dispositivo periférico conectado al procesador central, a la memoria principal. Cuando queremos llevar al almacenamiento primario algún registro que se encuentra en un almacenamiento secundario a fin de realizar un proceso, usamos la instrucción "lee". Por ejemplo, si la información se encuentra en la unidad de cinta núm. 1, diremos: "Lee" cinta 1 y será llevada a la memoria parte de la información que se encuentra en ésta.

Escribe es una instrucción que opera exactamente igual que "lee", sólo que en este caso en lugar de traer información a la memoria, la extraemos de ésta para llevarla a algún dispositivo de almacenamiento secundario o de salida.

Define se usa para introducir constantes o reservar áreas de trabajo en un programa. Frecuentemente se necesitan datos que habrán de usarse reiterativamente; por ejemplo, en un proceso puede requerirse varias veces el siguiente mensaje: "listado de partes", para ser impreso en cada una de las hojas a que se refiere el mismo. Aquí es clara la necesidad de tener listo dicho mensaje en alguna parte del programa para ser usado tan pronto como se requiera. En este caso definiríamos el mensaje mencionado mediante la instrucción define.

La instrucción de control es:

Alto se usa para indicar dónde debe detenerse el proceso de un programa. Por lo general, existen varias instrucciones de "alto" dentro de un programa. Hay dos causas por las cuales se usa en programas esta instrucción:

a) Cuando se desea que se detenga el proceso para permitir que el operador intervenga.
b) Cuando el programa terminó, ya sea en forma normal o como consecuencia de un error.

En general éstas son las instrucciones básicas que han permitido la programación de las computadoras.

LENGUAJE DE MÁQUINA O BÁSICO

Llamamos lenguaje de máquina al grupo de instrucciones que son identificadas directamente por la computadora y le permiten realizar un proceso [18]. El programa que se almacena en la memoria principal y que permite

[6] Nótese que en este caso el salto es incondicional.

operar a la computadora está integrado por instrucciones legibles para ésta; es decir, está integrado por instrucciones del lenguaje de máquina.

Programar en lenguaje de máquina resulta sumamente complicado ya que es necesario utilizar como método de programación el proceso que la computadora lleva a cabo, paso a paso e instrucción por instrucción. Además, es necesario señalar en forma explícita:

- Las direcciones de memoria donde debe cargarse cada una de las instrucciones del programa.
- Las direcciones de memoria donde deben reservarse registros para operaciones de entrada/salida.
- Las direcciones donde deben almacenarse los datos constantes y variables que usará el programa.

Por lo general las computadoras de tercera generación no son programadas por los usuarios en lenguaje de máquina. Esto en realidad se hizo en las computadoras de la primera generación y en forma menos intensa en las máquinas de segunda generación [11].

Cuando un programa escrito en lenguaje de máquina se transcribe en tarjetas perforadas (u otro medio que pueda leer la máquina) estamos en posibilidad de almacenar directamente el programa en la computadora (fig. 9.3*c*).

Una vez leído y almacenado el programa, podremos alimentar los datos que va a procesar la computadora con base en el programa que le hemos almacenado (fig. 9.3*d*).

La secuencia de operaciones que debe ejecutar una computadora puede comunicársele de muy diversas maneras. Cuando tal secuencia de instrucciones se almacena en las memoria principal, se dice que la computadora está programada internamente y esto es verdad es lo que define el concepto de programa almacenado.

LENGUAJE ENSAMBLADOR

La creación de los lenguajes ensambladores significó un acercamiento entre hombre y computadora. Mediante estos lenguajes resulta posible codificar programas en una forma que no es legible de manera directa para la máquina, pero que reduce la complejidad y le facilita más el trabajo al programador.

Al escribir un programa en lenguaje ensamblador usamos aproximadamente el mismo número de instrucciones que en el lenguaje de máquina, sólo que en vez de necesitar escribirlas en un código legible para la computadora lo hacemos en un código legible para el hombre. Por ejemplo, si el código de suma en lenguaje de máquina es 65 esto, a todas luces, no significa nada para nosotros; sin embargo, si usamos la palabra SUM entonces sí nos expresará dicho código de qué instrucción se trata.

Para programar en lenguaje ensamblador solamente es necesario, además de conocer el código simbólico de cada instrucción:

- Definir en forma secuencial cada una de las instrucciones que componen el programa.
- Definir con un nombre los registros que deben reservarse para las operaciones de entrada/salida.
- Definir con un nombre las constantes y variables que usará el programa.

Es decir, cuando programemos en lenguaje ensamblador no es necesario que definamos las direcciones de las instrucciones, áreas de trabajo y constantes que componen el programa, tal como lo hacemos en lenguaje de máquina. Veamos un ejemplo: un programa escrito tanto en lenguaje de máquina como en lenguaje ensamblador (véanse tablas 9.2, 9.3 y 9.4). Este programa servirá para sumar números del 1 al 50 e imprimir el resultado en un medio de salida; como por ejemplo, una impresora.

Para escribir cada programa usaremos las instrucciones indicadas en la tabla 9.2, con sus respectivos códigos en ambas formas.[7]

Tabla 9.2. Códigos de operación.

	Lenguaje de máquina	*Lenguaje ensamblador*
Suma	40	SUM
Compara	50	COM[8]
Si... entonces ir a (I)*	60	SI
Salta	70	SAL
Escribe	20	ESC
Define	10	DEF
Alto	00	ALT

* I significa la dirección de la instrucción a donde hay que ir o saltar.

Programas

Tabla 9.3

Posición		*En lenguaje de máquina* *Instrucción*	*Operandos*	
1.	001	10	100	050
2.	009	10	103	001
3.	017	10	106	001
4.	025	10	109	0000
5.	034	40	106	109
6.	042	50	100	106
7.	050	60	002[9]	070
8.	058	40	103	106
9.	066	70	033	
10.	071	20	109	004[10]
11.	079	00		

[7] Estos códigos son inventados por los autores con fines didácticos, y no tienen ninguna relación con lenguajes comerciales existentes en el mercado.
[8] Marcamos con una diagonal la letra O, para diferenciarla de número 0.
[9] Suponemos que 002 indica que la comparación anterior ha resultado "igual que".
[10] Suponemos que 004 indica que se trata de la impresora.

Tabla 9.4

En lenguaje ensamblador		
Nombre	*Instrucción*	*Operandos*
CØN 1	DEF	"50"
CØN 2	DEF	"01"
CØN 3	DEF	" 1"
CØN 4	DEF	"0000"
INIC	SUM	CØN3, CØN4
	CØM	CØN1, CØN3
	Si	002, SALE
	SUM	CØN2, CØN3
	SAL	INIC
SALE	FSC	CØN4, 004
PARA	ALT	

Si observamos detenidamente cada programa notaremos claras diferencias. Veamos las primeras instrucciones. En ambos programas hemos definido 4 constantes. En el programa en lenguaje de máquina la primera instrucción indica: "Definir una constante en la posición 100 cuyo contenido sea 50" (fig. 9.2*a*).

La segunda instrucción indica: "Definir una constante a partir de la posición 103 cuyo valor sea 001" (fig. 9.2*b*).

La tercera y cuarta instrucción definen dos constantes a partir de la posición 106 y 109 con valor de 001 y 0000, respectivamente.

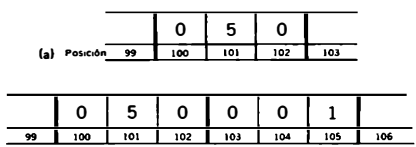


Figura 9.2

La quinta instrucción indica sumar el contenido de la cantidad que se tiene a partir de la posición 106 con la que se tiene a partir de la posición 109 (figs. 9.3*a* y *b*).

1	0	0	1	0	0	0	0	
105	106	107	108	109	110	111	112	113

Figura 9.3 (*a*). Antes de sumar.

1	0	0	1	0	0	0	1	
105	106	107	108	109	110	111	112	113

Figura 9.3 (*b*). Después de la primera suma.

La sexta instrucción indica comparar el contenido de la posición 106 con el de la posición 100. En esta instrucción, dependiendo del contenido de cada área, quedará registrado en algún lugar de la memoria el resultado de la comparación. En nuestro caso consideremos que si la computadora asume 002, el resultado es "igual que", o sea, que ambos contenidos son iguales. Vemos que el resultado será 002 hasta que el área, a partir de la posición 106, registre un valor de 050.

En la séptima instrucción usamos el resultado de la instrucción anterior. Si el resultado de la comparación nos dice que los comparandos son iguales (o sea que el resultado de comparar sea 002) iremos a la instrucción que se encuentra en la posición 070; esto es, la décima instrucción. Si el resultado de la comparación no indica que los comparandos son iguales, seguiremos con la siguiente instrucción en secuencia; es decir, con la octava instrucción.

A la octava instrucción llegamos siempre y cuando los comparandos de la sexta instrucción no sean iguales. En esta octava instrucción sumamos el contenido que se tiene a partir de la posición 103, con la cantidad que se tiene a partir de la posición 106; el resultado queda en esta última área.

La novena instrucción nos indica saltar a la posición 033, o sea a la quinta instrucción. Esta instrucción forma un loop que se realiza 50 veces: una por cada número que se quiere sumar.

La décima instrucción indica *escribe;* el 109 señala que su contenido es precisamente lo que ha de escribirse. Asumimos que el 004 es el impresor; entonces, esta instrucción indica que imprimamos lo que se encuentra a partir de la posición 109 con el impresor.

La decimoprimera instrucción es *alto,* y señala en este caso el fin del programa.

Destaquemos que el hecho de escribir el programa en lenguaje de máquina nos obliga a especificar claramente las direcciones de cada una de sus instrucciones y operandos.

Observemos ahora el programa en lenguaje ensamblador. Podemos constatar que existe una relación *biunívoca* entre una instrucción en lenguaje de máquina y una instrucción en lenguaje ensamblador; sólo que en este último en lugar de usar direcciones usamos nombres nemotécnicos.

En el programa en lenguaje ensamblador hemos definido las mismas cuatro constantes que tenemos en el programa en lenguaje de máquina, sólo que en vez de señalar la posición de la instrucción, asignamos un nombre a ésta y le señalamos el valor que debe tener la constante definida; así, la primera instrucción indica: "Definir una constante llamada CØN 1 cuyo valores 50." Observemos que sucede algo parecido con las demás instrucciones del programa.

La quinta instrucción recibe el nombre de INIC e indica: "Sumar el contenido de CØN3 a CØN4 y dejar el resultado con CØN4."

La sexta instrucción indica: "Comparar el contenido de CØN1 con el de CØN3."

La séptima instrucción nos dice: "Si el resultado de la comparación anterior es <Iguales >, vea la instrucción que se llama SALE" (ésta es la décima instrucción). Si el resultado no muestra que los comparandos de la sexta instrucción son iguales, seguimos con la octava instrucción.

La octava instrucción nos dice: "Sumar el contenido de CØN2 al de CØN4 y dejar el resultado en CØN4."

La novena instrucción nos señala: "Saltar a la instrucción llamada INIC, en este caso la quinta instrucción."

A la décima instrucción, llamada SALE , se llega cuando los comparandos de la sexta instrucción son iguales.

La decimoprimera instrucción detiene el proceso con ALT, que significa "alto".

Se observará que en el programa en lenguaje ensamblador no hemos definido ninguna dirección ya que suponemos que la computadora se encargará de asignarle una dirección a cada instrucción y a cada constante sin que nos importe cuál sea ésta.

Desde luego que un programa en lenguaje ensamblador transcrito a tarjetas no puede ser almacenado para procesarse inmediatamente tal como se hace con un programa en lenguaje de máquina. Cuando escribimos un programa en lenguaje ensamblador necesitamos traducirlo a lenguaje de máquina a fin de que pueda procesarse, para lo cual nos valemos de la misma máquina. Una vez escrito nuestro programa en lenguaje ensamblador y transcrito a tarjetas, lo traducimos a lenguaje de máquina por medio de un traductor escrito en lenguaje de máquina, el cual es un programa que va a traducir el programa en lenguaje ensamblador a lenguaje de máquina. Los pasos que se siguen para procesar datos con un programa en lenguaje ensamblador se ilustran en la secuencia de la figura 9.4 (*a*, *b*, *c* y *d*).

Observemos que las dos últimas figuras corresponden a la carga de un programa escrito en lenguaje de máquina (véase pág. 187).

SUPERLENGUAJES

El superlenguaje es una forma más desarrollada de programar una computadora; sin embargo, representa el modo más sencillo de escribir un programa ya que en este caso usamos algún lenguaje más inteligible para el hombre.

Después de transcribir un programa escrito en superlenguaje a un medio de almacenamiento secundario (tarjetas, cinta de papel, cinta magnética, terminal) se traduce a lenguaje de máquina. Resulta claro ver que el traductor de un superlenguaje es un programa mucho más complicado que el traductor para programas escritos en lenguaje ensamblador. Al traductor de superlenguajes se le llama *compilador*.

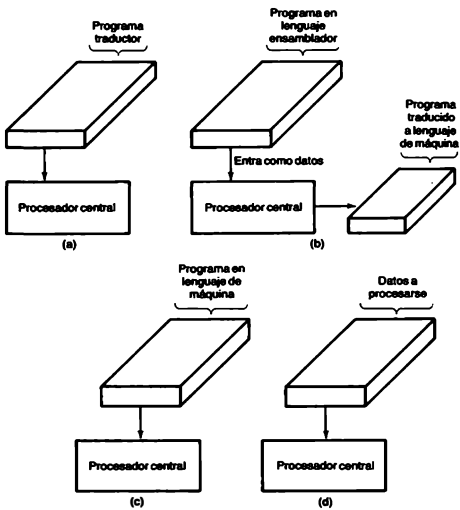


Figura 9.4. (a) Carga del programa traductor.
(b) Traducción del programa del lenguaje ensamblador al lenguaje de la máquina.
(c) Carga del programa en lenguaje de máquina.
(d) Proceso sobre datos con el programa ya cargado.

Un compilador nos permitirá pasar a lenguaje de máquina un programa escrito en superlenguaje.

Existen varios superlenguajes usados comúnmente en las computadoras instaladas en América Latina, de los cuales podemos mencionar: *Cobol, Fortran, Basic, Algol* y *PL1*.

Cobol. "Common Business Oriented Language" es el lenguaje más comercial y casi todos los fabricantes de computadoras incluyen como soporte de la máquina un compilador de Cobol [16].

Fortran. Lenguaje orientado a problemas científicos de carácter matemático, su uso se ha generalizado tanto que se usa también comercialmente para

resolver problemas aritméticos en una forma más eficiente que el Cobol [15].

Basic. Lenguaje conversacional que permite a personas con poca experiencia en programación realizar consultas a través de la computadora [12]. Muy usado también hoy día en teleproceso y, en mini y microcomputadoras. Generalmente se emplea como intérprete.[11]

Algol y *PL1.* Superlenguajes de menor uso; no se manejan tan universalmente como el Cobol y Fortran; por otra parte, no todos los proveedores cuentan con estos lenguajes como soporte para sus máquinas.

A fin de lograr una mejor apreciación de este aspecto, escribamos en superlenguaje Basic el mismo programa escrito anteriormente en lenguaje de máquina y ensamblador (tablas 9.2, 9.3).

Tabla 9.5

Ubicación en el programa[12]	*Instrucción*	*Operandos*
100	LET	B= 0
200	LET	A = 0
210	LET	A = A + 1
215	LET	B = B + A
216	IF	A < 50 THEN 210
250	PRINT	B
300	END	

Con este programa realizamos exactamente lo mismo que en los dos programas antes escritos en lenguaje de máquina y ensamblador.

Nótese que las dos primeras instrucciones (100 y 200) determinan que una variable B y otra A, respectivamente, sean definidas ambas con valorcero.

La instrucción 210 determina que la variable A suma su valor más una unidad; es decir, si A vale 3 en el momento de procesar esta instrucción, A tomará el valor de (3 + 1 = 4). La instrucción 215 indica que B suma su valor más el valor que en ese momento tenga A.

La instrucción 216 inquiere el valor de A y si éste es menorque 50 iremos a la instrucción 210; en caso contrario, es decir: que A sea igual o mayor que 50, iremos a la siguiente instrucción en secuencia, que es la 250.

La instrucción 250 nos indica que debemos ir a la instrucción 210. Esta última instrucción operará hasta que A se conserve con valores menores que 50, ya que cuando A sea igual a 50 esta instrucción será brincada por la instrucción anterior.

[11] Un intérprete, a diferencia de un compilador, traduce y ejecuta cada instrucción según el flujo del programa.

[12] Esta ubicación no tiene nada que ver con la dirección de la instrucción dentro de la computadora sino que es un número que se asigna arbitrariamente a dicha orden con el propósito de tener una secuencia lógica en el programa.

La instrucción 250 indica que el valor de B se imprima. La variable B tomará el valor de la suma de 1 a 50 cuando la impresión se efectúe.

La instrucción 300 (END) detiene el proceso, indicando que ninguna otra instrucción del programa deberá ejecutarse.

Podemos ver que en el programa en lenguaje Basic (que es un superlenguaje) usamos solamente siete instrucciones a diferencia de las once utilizadas en el programa en lenguaje de máquina. La razón es que una instrucción en un superlenguaje puede estar compuesta de varias instrucciones de lenguaje de máquina.

Si hacemos un análisis somero de la historia de la programación notaremos que el hombre poco a poco ha ido acercando la computadora a sí mismo. El desarrollo de medios, mecanismos y métodos cada vez más complicados han permitido que los hombres conversen con las máquinas con un lenguaje común, por medio de la palabra escrita y transcrita a una atmósfera de captación propia de la computadora.

Cada día se hacen innovaciones con el propósito de que la computadora se acerque aún más al hombre y logre entenderlo no sólo por medio de captadores de información previamente escrita y transcrita, sino por medio de captadores audibles que reconozcan el lenguaje humano emitido verbalmente [8].

La programación de computadoras es una de las actividades críticas en el desarrollo de un sistema. Por ser un proceso manual está sujeto a errores y resulta extremadamente lento. Probablemente sea la actividad que ha experimentado menos avances tecnológicos, ya que actualmente continúa siendo en esencia igual que hace varias décadas.

Se han desarrollado muchos esfuerzos tendientes a resolver esta situación pero los resultados han sido muy limitados en la práctica diaria. A pesar de ser pocas las contribuciones significativas, algunas de ellas son muy importantes y constituyen pasos esenciales para mejorar la productividad y la calidad de la programación.

Entre los avances más importantes podemos mencionar las técnicas de programación estructurada, los intérpretes y editores que permiten desarrollar programas en forma interactiva, los nuevos lenguajes modulares y los apoyos automáticos de documentación. Probablemente este campo sea uno de los que requieren mayor desarrollo y que prometen mayor beneficio en el futuro.

APÉNDICE

La máquina de Turing*

Las operaciones de la máquina de Turing son determinadas completamente por un conjunto de reglas específicas que establecen las acciones posibles para cada estado y para cada símbolo observado.

* Una referencia clásica en este tema es: Feigenbaum, Edward y Feldman, Julián (Eds.) *Computer and Thoght*, McGraw-Hill, Nueva York, 1963.

Cada instrucción de la máquina de Turing consiste en un conjunto de cinco operandos [20], de la forma:

$$(E_i, S_j, E_{ij}, S_{ij}, f_{ij})$$

Donde:

E_i = Uno de los estados i de la máquina.
S_j = Uno de los símbolos que pueden aparecer sobre la cinta.
E_{ij} = Siguiente estado de la máquina determinado por reglas derivadas de cada par estado-símbolo.
S_{ij} = El símbolo que se va a escribir sobre la celda en turno.
f_{ij} = La siguiente celda por observar sobre la cinta.

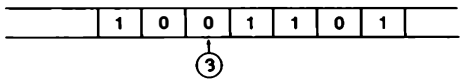


Figura 9A.1

Por convención, $f_{ij} = 1$ si la siguiente celda por considerar es la que se encuentra a la derecha de la celda corriente, -1 si es la celda de la izquierda y 0 si la celda corriente debe ser observada nuevamente como la siguiente celda. También se conviene que uno de los estados de la máquina permita que ésta se detenga; a tal estado se le denomina *alto*.

Para cada par estado-símbolo se tendrá exactamente un conjunto de cinco operandos, excluyendo el estado "alto". Un algoritmo construido así se conoce como un *programa para la máquina de Turing*.

Las indicaciones que deben establecerse para que la máquina de Turing proceda a realizar una computación son:

1. El alfabeto de la cinta.
2. La forma en la cual se representan los parámetros sobre la cinta.
3. La posición inicial de la cabeza.
4. El estado inicial de la máquina.
5. La manera en que se representarán los resultados sobre la cinta.
6. El programa de la máquina.

Ejemplifiquemos lo anterior proponiendo que la máquina sume 2 unidades a un entero n positivo y después se detenga.

Indicaciones:

1. El alfabeto de la cinta: 0, 1.
2. Representación de los parámetros de entrada: el entero n se representa por una serie de n unos consecutivos limitados por ceros.

3. Posición inicial de la cabeza: sobre el uno que está más a la izquierda del entero n si éste es diferente de cero; de lo contrario, sobre un cero.
4. Estado inicial: estado 1.
5. Representación de los resultados: el entero $n + 2$ se representa por una serie de $n + 2$ unos consecutivos limitados por ceros.
6. El programa de máquina:

E_i	S_j	E_{ij}	S_{ij}	f_{ij}
1	0	2	1	1
1	1	1	1	1
2	0	ALTO	1	0
2	1	-	-	-

Desarrollo:

Suponiendo que hemos respetado las indicaciones establecidas tendremos sobre la cinta un cierto número n entero y positivo, compuesto de una serie consecutiva de unos limitados por ceros tal como se muestra en la figura 9A.2, la cabeza estará colocada en la posición más a la izquierda del número representado y el estado inicial es el estado 1.

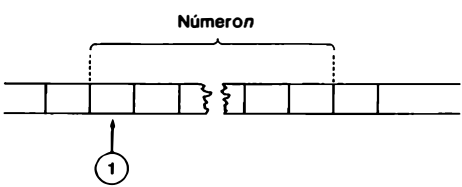


Figura 9A.2

Debido a que el alfabeto de la cinta es 0, 1 existen 2 símbolos que pueden ser leídos. El programa nos indica en el estado 1 que si encontramos en ese momento un 1 ($S_j = 1$) (véase el segundo renglón del programa) debemos: permanecer en ese estado ($E_{ij} = 1$), reescribir el 1 encontrado ($S_{ij} = 1$) y recorrer la cabeza una posición a la derecha ($f_{ij} = 1$); en resumen esto indica que mientras la cabeza encuentre un 1 sobre la cinta en el estado 1, lo único que ha de realizar es desplazarse una posición hacia la derecha.

Como caso contrario (véase el primer renglón del programa), si se encuentra un cero sobre la cinta en el estado 1, entonces debemos: pasar al estado 2 (E_{ij} = 2), habiendo cambiado el cero por un 1 (S_{ij} = 1) y desplazándonos una posición hacia la derecha (f_{ij} = 1). Esto en resumen indica que al encontrar la cabeza un primer cero deberá cambiarlo por un 1, (lo que equivale a sumar uno al número n original) y pasar al estado 2.

Los últimos dos renglones del programa se refieren al estado 2: el penúltimo renglón indica que se cambie el cero encontrado por un 1 y que la máquina se detenga. Al llegar aquí, se ha conseguido sumar dos unidades al número entero n. Nótese que el último renglón se refiere a una situación imposible, ya que se establece la posibilidad de encontrar un 1 después de un 0 lo cual no es congruente en caso de que hayamos seguido las indicaciones de operación, por ello se han puesto guiones en este renglón para E_{ij}, S_{ij}, y f_{ij}.

En realidad la máquina de Turing es una máquina teórica que vino a desempeñar un papel de gran importancia en lo que serían las ideas y conceptos previos que permitieron la construcción de las primeras computadoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Cashman, Thomas J. y Keys, William J., *Data Processing and Computer Programing*, Canfield Press, San Francisco, Calif., 1971.
[2] Crawford Rudd A. y Copp H. David, *Introducción a la programación de computadoras*, Diana, México, 1977.
[3] Dawson, Clive B. y Wool, Thomas C., *From bits to if's*, Harper & Row, Nueva York, 1971.
[4] Diher, George, *Programación BASIC para la administración*, CECSA, México, 1977.
[5] Ehrmann, Richard, *Les langages de simulation*, Dunod Université, París, 1970.
[6] Farina, Mario V., *Diagramas de flujo*, Diana, México, 1971.
[7] Flores, Iván, *Computer Programing*, Prentice-Hall, Inc. Englewood-Cliffs, New Jersey, 1971.
[8] Flores, Iván, *Computer software*, Prentice-Hall, Inc, Englewood-Cliffs, New Jersey, 1965.
[9] Flores, Iván, *Data Structure and Management*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1970.
[10] Gordon, G., *A General Purpose System Simulator*, IBM Sistems Journal, septiembre, 1962.
[11] IBM, *Qué hacen las computadoras y cómo lo hacen*, Forma C10-6052 (USA form 519-0001).
[12] Kemeny, John y Kurtz, Thomas, *Programación BASIC*, CECSA, México, 1974.
[13] Kernigham, Brian y Plauger, P., *The Elements of Programing Style*, McGraw-Hill, Nueva York, 1974.
[14] Murphy, John S., *Fundamentos de programación de computadoras digitales*, Limusa, México, 1970.
[15] Organick, Elliott, *FORTRAN IV*, Fondo Educativo Interamericano, Bogotá, 1972.
[16] Philippakis, Andreas y Kazmier, Leonard, *COBOL y sus aplicaciones en los negocios*, McGraw-Hill, México, 1977.
[17] Sabattini, Mariangela, *Fortran, Cobol, PL/1*, Etkas Kompass, Milán 1969.
[18] Sammet, Jean E., *Programming Languages*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1969.

[19] Sherman, Philip, *Técnicas de programación de computadoras*, Prentice-Hall International, New Jersey, 1973.
[20] Stone S. Harold, *Introduction to Computer Organization and Data Structures*, McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1972.
[21] Trajtenbrot, B. A., *Introducción a la teoría matemática de las computadoras y de la programación*, Siglo XXI, Editores, 2ª ed., México, 1970.
[22] Van Tassel, Dennie, *Program Style, Design Efficiency, Debugging and Testing*, Prentice-Hall, New Jersey, 1974.
[23] Wilson I. R. y Addyman A. M., *A Practical Introduction to Pascal*, The Macmillan Press LTD, Londres 1978.

10

Sistemas operativos

Los sistemas operativos son un conjunto de rutinas o programas que coordinan y dirigen la operación de un sistema de cómputo. Existe una amplia gama de funciones realizadas y variantes de las mismas. Sin embargo, en esencia, todo sistema operativo pretende, ante todo, aprovechar eficientemente los recursos de la computadora y facilitar su operación.

NECESIDAD DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS Y ORÍGENES DE LOS MISMOS

En los inicios de las computadoras los usuarios de éstas debían seguir un proceso similar al siguiente:

"Un analista definía y diseñaba el sistema, obteniendo diagramas e instrucciones generales que eran codificadas en lenguaje de máquina por un programador, el cual debía conocer detalladamente los códigos de operación de las máquinas, la capacidad de la memoria, la ubicación excacta de cada instrucción y de cada dato dentro de la memoria, etcétera, que debía, además, conocer al detalle los dispositivos de entrada y salida y producir instrucciones minuciosas para operarlos. Una vez preparado y perforado el programa, debía ser probado en presencia del programador".

Considérese, además, que las máquinas en aquel tiempo debían esperar a que se terminara cualquier operación de entrada/salida para poder operar (esto es, sólo podían efectuar una operación a la vez). Esto hacía ineficiente el tiempo utilizado por la unidad central de proceso, pues llegaba a encontrarse detenida, esperando, hasta un 90% del tiempo total.[1]

Una consecuencia de lo anterior era que cada vez que se escribía un programa, se empleaba una gran cantidad de tiempo en redactar las instruccio-

[1] Nótese que los dispositivos de entrada/salida son electromecánicos y, por tanto, muy lentos comparados con las velocidades electrónicas de la unidad central.

nes necesarias para la impresión de los reportes. Pronto se descubrió que podía diseñarse un programa general para escribir reportes, al cual bastaría con que el programador le indicara cuántas columnas debía tener el reporte, cuántas líneas, etcétera.

Los programas de este tipo se copiaban y se incluían en cada programa individual; posteriormente se pensó en guardar en una parte de la memoria el programa impresor de reportes; ésta fue una de las primeras aplicaciones del concepto de subrutina.

De lo anterior se desprende que todas las operaciones de preparación y manejo de la máquina eran manuales; con ello se agravaba el problema de tiempo muerto del equipo, pues la unidad central debía esperar a que se acomodaran las tarjetas, se limpiara la memoria antes de cada programa, etcétera. Se redujo este tiempo perdido eliminando, dentro de lo posible, la intervención manual por medio de un programa especial guardado en la memoria y llamado *programa residente*.[2] Esto permitía formar un grupo de trabajos (*job stack*) o programas, y alimentarlos a la máquina en forma continua uno tras otro sin intervención del operador. La máquina, por medio del programa residente, distinguía un trabajo de otro con el uso de una tarjeta colocada frente a cada uno.

Simultáneamente, se tenía el problema del lenguaje. La computadora sólo entendía un lenguaje especial de tipo numérico que se prestaba a cometer un gran número de errores. Además, era casi imposible modificar un programa previamente elaborado. Este problema estuvo a punto de limitar el desarrollo de las computadoras pues impedía al usuario el empleo directo de ellas y, por otro lado, se encontró que muchas rutinas (tal como sucedía con la de impresión de reportes) eran usadas frecuentemente por un gran número de programadores.

Lo anterior se resolvió elaborando programas que sustituyeran al programador –en forma limitada– en la traducción a lenguaje de máquina. Al principio se elaboraron traductores para lenguajes simbólicos parecidos al lenguaje máquina aun cuando eran más simples de entender y ya no se necesitaba controlar la ubicación real de instrucciones y datos. Estos lenguajes –en los cuales una instrucción simbólica equivalía a una instrucción en lenguaje-máquina– se llaman *ensambladores* y se usan con cierta frecuencia en la actualidad. Más tarde, en 1954, se desarrolló uno de los primeros superlenguajes prácticos (FORTRAN), el cual fue orientado algebraicamente para la solución de problemas científicos donde intervenían multitud de cálculos con lo que se facilitó aún más el uso de la computadora. Los superlenguajes se caracterizaban por estar formados por *macroinstrucciones;* o sea, instrucciones que corresponden a más de una instrucción en lenguaje-máquina. Los programas que traducen estos superlenguajes a lenguaje-máquina se llaman *compiladores.*

Con el desarrollo de compiladores se pudo incluir una serie de rutinas de amplia aplicación permitiendo al usuario definir únicamente los parámetros

[2] Estos programas se conocen con las siglas, en inglés, IOCS (input/output control systems) y permiten que la máquina realice cálculos, así como operaciones de entrada/salida en forma casi simultánea.

sin tener que programar en cada caso (por ejemplo el compilador Fortran incluye rutinas prefabricadas para calcular logaritmos, raíces cuadradas, etcétera).

Al desarrollarse los diversos lenguajes y traductores respectivos y, consecuentemente los dispositivos de acceso directo (discos, tambores), fue necesario diseñar bibliotecas y sistemas para controlar el almacenamiento de programas y traductores en las memorias auxiliares de la máquina.

Se desarrollaron, además, programas adicionales de servicio y de control, con lo que se tuvo un gran número de programas que facilitaban el uso de la computadora y la hacían más eficiente. En este punto, se integraron los diversos componentes en un sistema (véase figura 10.1), coordinando las diversas operaciones un programa de control, llamado monitor. Éste tenía la función de procesar trabajos, reduciendo al mínimo las interrupciones y operaciones

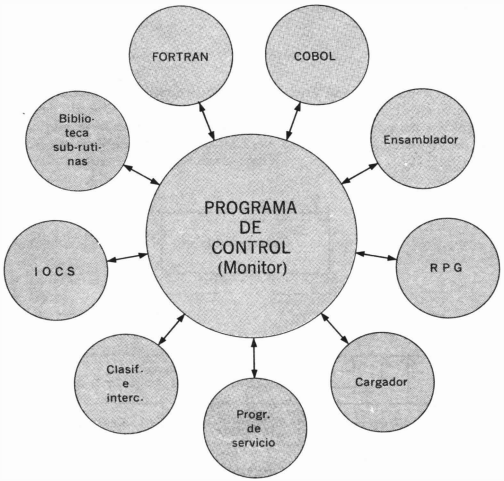


Figura 10.1. Diagrama esquemático que muestra las partes que integran el programa de control.

manuales. Con objeto de que el operador y los programadores pudieran continuar dirigiendo y comunicándose con el sistema, se desarrolló un lenguaje especial de control, por medio del cual es posible dar instrucciones al programa monitor, indicando qué se pretende que haga.

Una vez que se tuvo disponible el sistema básico, fueron integrándose otras innovaciones a estos sistemas operativos rudimentarios; por ejemplo, proceso de transacciones en forma concurrente, procesos en línea, etcétera.

Actualmente los sistemas operativos son el resultado de una integración funcional y modular de los diversos desarrollos mencionados anteriormente. Esta integración tiende a utilizar la operación concurrente de diversos trabajos en sus diversas fases, minimizando la intervención del operador (con los retrasos y errores posibles que implica), y tiende también a facilitar la utilización de la computadora. En otras palabras, los sistemas operativos tienen como objetivo maximizar la efectividad de la computadora.

EFECTIVIDAD Y RECURSOS DEL SISTEMA

Efectividad

La efectividad[3] es una medida del aprovechamiento obtenido mediante un equipo; en otras palabras, constituye la estimación del grado de logro de los objetivos del conjunto. Esencialmente, puede considerarse que la efectividad de un sistema de cómputo electrónico depende de dos aspectos (véase fig. 10.2): [9].

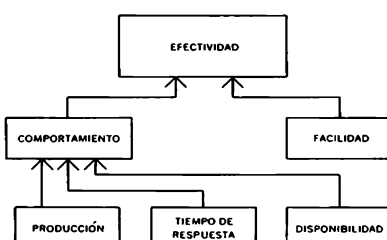


Figura 10.2

[3] En el proceso electrónico de datos.

a) *Facilidad:* grado de simplicidad y conveniencia ofrecido al usuario para que utilice el sistema.

b) *Comportamiento:* resultados obtenidos del sistema, o sea la producción en volumen o en cantidad, el tiempo que tarda en proporcionar la información requerida y la seguridad de que no se encuentre ocupado en otra tarea.

El aspecto facilidad se refiere esencialmente a la biblioteca de programas ya elaborados, al tipo, complejidad y capacidad de cálculo de los lenguajes ofrecidos, etcétera. En otras palabras, se provee de facilidad al sistema por medio de soportes de programación.

El aspecto comportamiento básicamente trata del problema administrativo interno de la máquina; esto es, depende de la optimización en el empleo de los recursos disponibles.

Un sistema electrónico de proceso cuenta con tres tipos de recursos:

- Recursos humanos.
- Recursos de información.
- Recursos materiales.

Recursos humanos

Sin duda son los más importantes del sistema; pueden dividirse en:

- Programadores del sistema.
- Programadores de aplicaciones.
- Operadores y personal administrativo.

Recursos de información

Pueden considerarse de dos tipos:

- Programas.
- Datos.

Recursos materiales

Se refieren al equipo y pueden subdividirse en:

- Tiempo de la unidad central de proceso o de los procesadores periféricos.
- Espacio en la memoria central.
- Dispositivos de entrada y salida.
- Tiempo de los canales de entrada y salida.
- Espacio en las memorias auxiliares de acceso directo.

Al decir que se pretende optimizar el uso de los recursos, se quiere indicar que se utilizará cada recurso de modo que tenga el menor tiempo muerto posible y que el trabajo asignado sea el que puede realizar con mayor eficiencia.

Para lograr lo anterior, considérense los siguientes aspectos:

- Deben procesarse y manejarse los programas de cada programador como un proceso continuo.
- Debe ser posible introducir trabajos por diversos medios (terminales, etcétera) y procesarlos con una prioridad adecuada mientras se procesan otros trabajos.
- Se requiere un sistema eficiente y estándar a fin de crear, almacenar y relocalizar datos y programas para uso del programador y del sistema mismo.

Los sistemas operativos pueden maximizar la eficiencia de las computadoras controlando el manejo de los programas que se requieren para poner en marcha una serie de aplicaciones dadas. El sistema operativo puede concebirse como un conjunto de programas de control, o monitor, que maneja todo el conjunto de intrucciones y rutinas que permiten a una computadora procesar continua y automáticamente una serie de procesos individuales.

Debido al papel que desempeña el sistema operativo en los procesos de cómputo se hace necesario realizar una adecuada evaluación de éste de acuerdo con una serie de puntos que son tratados en las siguientes secciones.

RELACIÓN CON LAS APLICACIONES

Existe una diversidad de sistemas operativos que pueden usarse en una computadora, sin embargo no todos sirven para cualquier aplicación de la misma manera; esto es, el sistema operativo que se use debe orientarse a las aplicaciones por procesar, a la capacidad de memoria y a la manera en que se ha de programar y operar la computadora.

Un caso que se presenta a menudo es el de contratar un equipo con un sistema operativo estándar que contiene una serie de funciones que rara vez o nunca se utilizan. Si este sistema operativo se debe mantener trabajando en una parte de la memoria principal, puede redundar en un uso deficiente del equipo. Por ello es menester analizar, qué aspectos y funciones debemos seleccionar para integrar nuestro sistema operativo adecuado a las aplicaciones que deseamos procesar [13], [15].

Cada proveedor de equipos de cómputo y/o empresas dedicadas a la elaboración de software pueden configurar diferentes opciones de un sistema operativo, para una marca y modelo de computadora dado; desde luego que las posibilidades están condicionadas en buena medida por el diseño de ingeniería del equipo (hardware). Por tanto, un punto importante en la selección de una computadora radica en considerar con qué sistema operativo puede usarse.

En los modelos pequeños de computadoras (microcomputadoras y minicomputadoras) el sistema operativo de ordinario se carga en áreas distintas de la memoria principal (en memorias especiales de tipo ROM), con lo cual el aprovechamiento de la memoria operativa es absoluto. Estos equipos por regla general son compactos, pequeños y baratos debido a que su diseño de ingeniería y su soporte de operación (hardware y software respectivamente) se conciben en forma integral, con estrecha autonomía entre uno y otro; de ahí que los sistemas operativos de estos equipos, presenten pocas o ninguna posibilidad de ser modificados sobre la marcha.

Proceso en lotes

El proceso "en lotes" también conocido con el anglicismo "batch", implica la carga de un bloque de datos para que sufran un proceso predefinido, a diferencia de los procesos interactivos, en donde se tiene un diálogo entre el programa y el usuario, y donde generalmente se van introduciendo y procesando unidades de información aisladas.

El proceso en lotes generalmente se lleva a cabo programa por programa y requiere por tanto de un sistema operativo muy simple y de áreas de memoria pequeñas.

Es posible que cuando se trabaja en lotes con una computadora, queramos hacer enlaces de programas, esto es, que una vez que se haya ejecutado de principio a fin un programa, se cargue y ejecute automáticamente el siguiente programa en secuencia; un sistema operativo debe tener esta mínima capacidad.[4] Esto puede lograrse con el apoyo de comandos o directrices que controlan la actividad del sistema operativo.

La tendencia a aprovechar cada vez más el potencial de la computadora, ha provocado una creciente innovación de procedimientos que se han sumado en los nuevos sistemas operativos, de manera que la filosofía de procesar programa por programa en lotes, se ha ido quedando atrás, fortaleciéndose la utilización de sistemas operativos capaces de atender varios programas concurrentes en la memoria principal.

Multiprogramación

Una computadora con un solo procesador central no puede realizar dos operaciones al mismo tiempo; es decir, sólo tiene posibilidad de realizar una a la vez. Por otro lado, mientras que las instrucciones de proceso interno se realizan a velocidades medidas en nanosegundos,[5] las instrucciones de entrada/salida requieren milisegundos; dadas las dimensiones de tiempo, resulta que cuantas más intrucciones de entrada/salida ejecute un programa, disminuye la posibilidad de aprovechamiento del procesador central, ya que queda-

[4] En realidad éste fue uno de los avances logrados en sistemas operativos a partir de la aparición de la 2a. generación de computadoras.

[5] Un nanosegundo equivale a una milmillonésima parte de un segundo.

rá inactivo largos periodos.[6] Así, se pensó en aprovechar estos periodos cediendo durante ellos el control de la unidad central de proceso a otro programa almacenado en la unidad de memoria; de este modo, cuando un programa demanda la ejecución de una instrucción de entrada/salida, la unidad de control pasa a atender al segundo programa, el cual dejará de ser atendido cuando en él se presente una instrucción de entrada/salida pasando a ejecución el primer programa. De este modo la unidad central de proceso realiza lo que se denomina multiprogramación. Este principio puede aplicarse a más de dos programas. El número de programas que pueden ser almacenados para procesarse bajo el principio de multiprogramación depende del diseño del sistema y de la capacidad de memoria disponible.

La multiprogramación se supervisa mediante un programa monitor que se encuentra en la unidad de memoria [12]. El programa monitor controla la operación total del sistema de cómputo y es el que indica a la unidad de control qué programa debe ejecutarse y en qué tiempo. El programa monitor o sistema operativo es proporcionado por el proveedor o fabricante del equipo, salvo en excepciones, cuando es programado por el usuario.

La multiprogramación se usa fundamentalmente en dos tipos de trabajo:

a) Cuando se requiere aprovechar con más eficiencia el tiempo de uso de procesador central, manejando varios programas "simultáneamente" [13].
b) Cuando se requiere usar un procesador para manejar diferentes programas; algunos para procesos rutinarios en donde las transacciones se dan mediante dispositivos de almacenamiento y sus unidades de manejo; y otros, para manejar transacciones que se envían desde terminales conectadas a una línea de comunicación.

En el caso *a*), es necesario estimar el tiempo que el procesador tardará procesando separadamente cada uno de los programas y después determinar el tiempo que tarda con multiprogramación. Posteriormente comparando ambos tiempos decidimos el posible uso de la multiprogramación. Esta comparación es prudente ya que en muchos casos resulta más efectivo procesar programa por programa. Esto se debe a que en el cambio de control de un programa a otro, el programa monitor consume tiempo de procesador y puede ser que el tiempo total que consuma sea mucho mayor que la suma de los tiempos muertos del procesador cuando cada programa se maneja por separado. Por ejemplo, dos programas procesados por separado pueden consumir un tiempo de 5 unidades de uso de procesador central cada uno, más una unidad de tiempo de monitor (figura 10.3). Por otro lado, si procesamos ambos programas simultáneamente puede resultar que la suma de los tiempos en que interviene el monitor sea tal, que resulte menos adecuada la multiprogramación que la ejecución de cada programa por separado.[7]

[6] Se habla de largos periodos, considerando la diferencia entre nanosegundos y milisegundos.
[7] Por ello es conveniente saber cuáles son los pasos y tiempos de cambio para que el procesador pase de una tarea atenuada a otra.

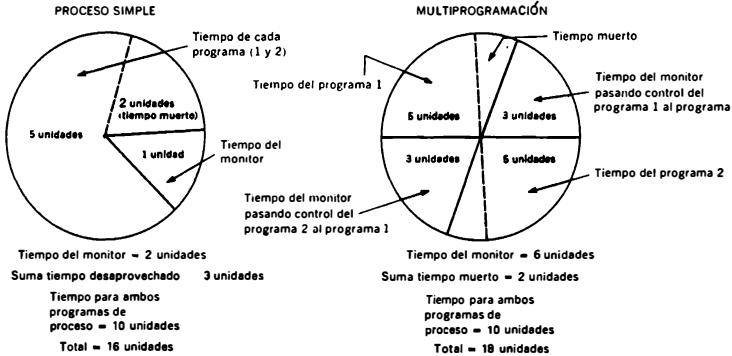


Figura 10.3. Comparación de un proceso en forma simple y con multiprogramación (caso particular en que el tiempo necesario con multiprogramación es mayor al de un proceso simple)

Desde luego ésta no es una regla general y en muchos casos similares se justifica la multiprogramación.

Un caso en donde se justifica la multiprogramación a priori es cuando se tienen varias terminales desde las cuales se llaman diferentes programas que deben trabajar en un procesador central a un mismo tiempo. En tal circunstancia, cada terminal provoca que se deposite un programa o segmento de programa en un área distinta de la unidad de memoria; en esta forma, el monitor debe estar habilitado para atender a todas las terminales en uso.

En el caso *b*), se reserva un área en la unidad de almacenamiento primario para depositar ahí un programa en forma semipermanente que sirve para manejar comunicaciones. El resto del almacenamiento primario se utiliza para diversos programas de otra índole. El programa de comunicaciones se protege de tal manera que ningún otro programa o dato alguno pueda desplazarlo o alterarlo. Este tipo de sistemas se usa cuando es necesario realizar determinada clase de transacciones que se manejan desde terminales, como pueden ser transacciones bancarias (retiros, pagos o depósitos) y a su vez procesar otro tipo de trabajos, como una emisión de bonos o la elaboración de la nómina. En este caso podemos decir que la unidad de memoria se divide en dos, utilizando una parte para comunicación de transacciones que requieren un tiempo de respuesta inmediato y la otra para realizar trabajos con programas que se depositan momentáneamente hasta que concluye el proceso que realiza.

Para evaluar la posibilidad de uso, entre varios equipos que tienen capacidad de multiprogramación, se debe estudiar y analizar el sistema operativo en relación con éste. Entre los factores más importantes por considerar tenemos: [10].

1. Número de programas o trabajos que pueden ser cargados y controlados concurrentemente en el almacenamiento primario.
2. Manera en que son cargados los programas en el almacenamiento primario.
3. Tiempo necesario para transferir el control de un programa a otro.
4. Posibilidad de asignación de prioridades y seguridad de acceso.

Punto 1. Se refiere al número de tareas independientes que se pueden almacenar y controlar en su proceso mediante el sistema operativo.

Punto 2. Se refiere a la manera en que serán asignadas por el sistema operativo las áreas del almacenamiento primario, para cargar los diferentes programas o tareas.

Punto 3. Se refiere al tiempo que transcurre para que el sistema operativo pase el control de la UCP, de una tarea a otra. El intervalo entre la interrupción de un programa y la atención de otro programa varía de un sistema operativo a otro, aunque en realidad el diseño físico del equipo (hardware) desempeña un papel relevante en las velocidades del proceso de multiprogramación.

Punto 4. Trata sobre las prioridades de atención que debe darse a los

programas cargados en el almacenamiento primario. Los sistemas operativos generalmente cuentan con una serie de facilidades para otorgar prioridad a ciertos usuarios y a cierto tipo de trabajos. También los sistemas operativos pueden contar con facilidades para permitir o rechazar el acceso de los usuarios a los procesos y datos registrados en el sistema de cómputo.

MULTIPROCESO

Existe multiproceso cuando contamos con más de un procesador para realizar una transación o cuando dos o más máquinas se interconectan para manejar transaciones diferentes al mismo tiempo. En realidad no es común el multiproceso en los países latinoamericanos; su uso se limita a instituciones de gran tamaño que dado el tipo de sus operaciones y/o la necesidad de obtener respuestas inmediatas, lo justifican. Existen causas fundamentales que demandan el uso de multiproceso:

a) La necesidad de respaldo. Este es el caso en el que se requiere tener más de un procesador con objeto de que si alguno falla el otro absorba la carga de trabajo sin que aquél se vea afectado grandemente.
Esta configuración se ilustra en la figura 10.4. Cuando una de las computadoras falla, funciona un sistema de switcheo que permite que la otra computadora maneje toda la carga de trabajo. Un ejemplo de este caso son algunas líneas aéreas que usan esta configuración en sus sistemas de reservación. El motivo consiste en no interrumpir, en ningún momento el servicio.

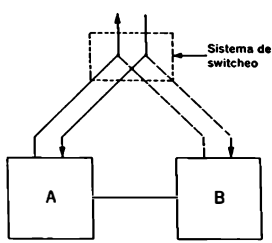


Figura 10.4

b) Para separar el manejo de comunicaciones. Cuando las comunicaciones que han de manejarse son cuantiosas en cuanto a volumen y requieren extensos y complejos programas o cuando se tiene una vasta

red de terminales para manejar transacciones, puede justificarse el multiproceso. En el caso más simple un procesador sirve para manejar comunicaciones y otro procesa los demás trabajos. En la figura 10.5 se ilustra esta configuración en donde el procesador A maneja las comunicaciones y la computadora B realiza otros trabajos.

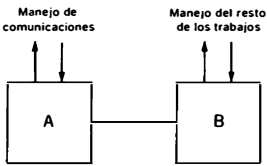


Figura 10.5

c) Para dividir la carga de trabajo. Cuando el trabajo por realizar es de tal volumen que el uso de una computadora ya no es suficiente, puede ser más conveniente el uso de dos computadoras que el uso de una de gran capacidad. En este caso la carga de trabajo sería repartida entre dos computadoras tal como se muestra en la configuración de la figura 10.6.

d) Para manejar la misma transacción. Cuando el resultado que se desea obtener es de vital importancia, puede recurrirse a conectar dos procesadores en forma tal que ambos realicen la misma transacción al mismo tiempo, con objeto de comparar ambos resultados y asegurarse de que el proceso opera sin fallas. Este es un caso particular con uso muy limitado. En Estados Unidos se emplea un sistema con este principio para controlar los lanzamientos espaciales. En la figura 10.7 se muestra dicha configuración.

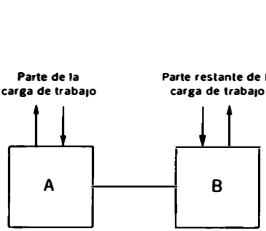


Figura 10.6

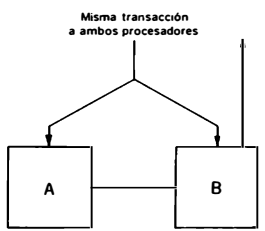


Figura 10.7

PROCESO EN TIEMPO REAL

El concepto de proceso en tiempo real se usa en cómputo de muy diversas maneras. Algunas personas lo definen como "un tiempo de respuesta de unos cuantos segundos", otras, como "un periodo corto en el cual una computadora cumple un proceso, reaccionando rápidamente a un dado de entrada". Nosotros lo definiremos tomando como base la definición de tiempo de respuesta, y así, diremos que: "un sistema de cómputo en tiempo real puede ser aquel que controla el medio desde el cual recibe datos, los procesa y toma acción o retorna los resultados de modo suficientemente rápido para afectar el funcionamiento de ese medio en ese tiempo" [14]. Es decir, que el tiempo de respuesta es tal que permite a la computadora seguir manteniendo control sobre el medio desde el cual recibe datos. Por ejemplo, podemos establecer que el tiempo de respuesta para reservar un asiento en una línea aérea no debe exceder de 3 minutos; de lo contrario, habría un cuello de botella provocado por el sistema, y esto causaría una tremenda cola de espera de las personas que desean reservar un boleto. Pues bien, en este caso decimos que el sistema opera en "tiempo real" siempre y cuando responda antes de 3 minutos. Podría darse el caso de que nuestro cálculo fuera erróneo y en vez de requerirse 3 minutos como tiempo de respuesta, fueran solamente 2; en dicha situación, el sistema no controlará las reservaciones tal como se prevé y en esta circunstancia puede no existir un proceso en tiempo real.

COMUNICACIONES

Cuando el usuario requiere de terminales o de unidades remotas de entrada y/o salida, deberá evaluar, para la selección de un equipo, las posibilidades que le brinde éste en el manejo de comunicaciones. Los sistemas operativos también se encargan del control de los mensajes procesados en un sistema de comunicaciones por computadora.

Un sistema operativo destinado a manejar comunicaciones por computadora puede ser estructurado y armado de muy diversas maneras, según las aplicaciones que el usuario vaya a procesar. Así, pueden distinguirse dos enfoques polares que establecen toda una gama de posibilidades: *a*) para manejo exclusivo de comunicaciones y *b*) para manejo de comunicaciones y procesos locales; este último punto supone el uso de la computadora para ambos tipos de aplicaciones a un mismo tiempo.

La capacidad de un sistema operativo para el manejo de comunicaciones se observa en función de varias características importantes entre las que destacan:

a) La capacidad de recepción y emisión de mensajes.
b) Número de puertos o puntos terminales que pueden ser atendidos a un mismo tiempo.[8]

[8] Entiéndase por un mismo tiempo que están conectados todos ellos en un mismo momento a la computadora, pero son atendidos uno por uno con la intervención del sistema operativo.

c) Tiempo de respuesta en consultas.
d) Posibilidad de desarrollar procesos interactivos.
e) Método para asignación de tiempo a cada trabajo y formas de manejo de las prioridades respectivas.
f) Mecanismos para control del acceso al sistema, seguridad de los datos, contabilización de recursos y en general la administración del sistema.
g) Método de control y comunicación con las terminales, incluyendo protocolos, modos de comunicación, etcétera.
h) Recursos absorbidos por el propio sistema operativo.
i) Compatibilidad con las terminales, con otros equipos y con los archivos existentes.
j) Facilidad de uso del sistema operativo y flexibilidad para adecuarse a las necesidades de la instalación.
Además, para el caso del manejo de comunicaciones y proceso locales a un mismo tiempo habrá que añadir:
k) Grado de interferencia entre una y otra forma de proceso.

MANEJO DE INTERRUPCIONES

Una de las habilidades importantes que debe poseer un sistema operativo es la del manejo de interrupciones en los procesos de cómputo.

Cuando una computadora se encuentra realizando un proceso, éste puede interrumpirse por cualquiera de dos causas fundamentales.[9]

1. Se ha llegado al fin lógico de un programa o trabajo.
2. Se presentó una causa que impide seguir adelante un trabajo o programa que no se ha terminado.

En el primer caso el sistema operativo debe retirar el control al programa que ha terminado e introducir una nueva tarea si se tiene alguna en espera. Esta interrupción no representa mayor problema, ya que sólo puede darse cuando el programa que se encuentra en proceso, demanda a través de una instrucción su propio fin.

En el segundo caso las interrupciones pueden darse:

a) por software,
b) por hardware.

Por software quiere decir que la interrupción se hace por medio de una instrucción del sistema operativo, que demanda la detención del proceso, o por una instrucción del programa mismo, que demanda la acción de otro dispositivo (lo cual sucede, por ejemplo, cuando para continuar el proceso se

[9] Desde luego se presume que el equipo opera sin fallas y en las condiciones especificadas por el fabricante.

requiere de la entrada de un dato a través de alguna unidad periférica, un ejemplo de interrupción manejada por el sistema operativo es la que tiene lugar cuando se procesa en multiprogramación; al momento de detectar una instrucción de entrada/salida en un programa, el sistema operativo interrumpe su proceso para dar atención a otro programa, en tanto que la instrucción que causó la detención se ejecuta por parte del dispositivoperiférico afectado.

Por hardware se refiere a interrupciones provocadas por la acción de algún elemento físico, ya sea por una falla, por requerirlo un circuito, por falta de energía eléctrica, u otra causa que impida la continuación de un proceso dado. Algunas de estas fallas pueden ser manejadas por el sistema operativo, ya sea para normalizar el proceso o para indicar al operador la causa de la interrupción.

Cuanto más amplia sea la gama de interrupciones que pueda manejar el sistema operativo, más especializado será éste. Existe un considerable número de interrupciones que podrían ser manejadas por un sistema operativo, sin embargo algunas de ellas por su baja probabilidad de aparición no requieren ser consideradas salvo casos especiales. Lo recomendable es contar con un sistema operativo que sea capaz de detectar y manejar las interrupciones que se presentan con mayor frecuencia en el proceso de los trabajos por realizar.

Tiempo compartido

Cuando se requiere manejar comunicaciones a través de terminales, se desea por lo común que al momento de entrar en línea con la UCP, los usuarios tengan la sensación de que están solos ante la computadora, aunque en realidad varios estén haciéndolo a un mismo tiempo. Para compartir de esta manera el tiempo de proceso de la UCP, es necesario que el sistema operativo combine su capacidad de manejo de comunicaciones con el de interrupciones. Cuando el tiempo de proceso de la UCP se comparte adecuadamente, los trabajos siguen su curso normal; cuando este reparto causa embotellamiento, entonces el problema tiende a incrementarse en forma exponencial al ir creciendo la carga de trabajo. De ahí que el sistema operativo desempeñe un importante papel en el máximo aprovechamiento que pueda darse a un equipo de cómputo destinado a trabajar en tiempo compartido.

Existen diversas formas en que el sistema operativo puede asignar recursos a los diversos usuarios. Probablemente la más conocida consiste en asignar bloques de tiempo a cada usuario activo. Por ejemplo, puede definirse un tiempo de 5 milisegundos por usuario. Durante este lapso, todos los recursos de la UCP están a disposición de una terminal. Al terminar de atender a la última, se reinicia con la primera.

Algunas variantes del método anterior permiten optimizar de manera más adecuada al uso de la UCP, incorporando métodos para que el usuario solicite atención cuando lo requiera, interrumpiendo el servicio a una terminal mientras se realizan operaciones de entrada/salida solicitadas por ésta.

PROGRAMAS DE CONTROL Y DE PROCESO

En realidad el sistema operativo puede entenderse como un administrador de trabajos, tareas y datos. Estas funciones se realizan por medio de programas de control y programas de proceso (fig. 10.8). Los primeros consisten en una serie de programas especializados que permiten que el sistema operativo desarrolle estas funciones.

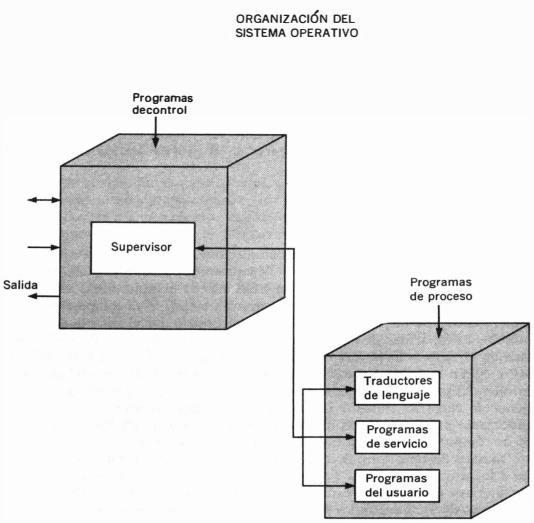


Figura 10.8

A continuación se indican estos programas relacionados con la administración en que participan:

Programas de control para la administración de:

Trabajos

- Lector/interpretador
- Iniciador/terminador — Establecen el programa de trabajo por procesar
- Emisor de resultados
- Programa maestro, que sirve como enlace con el operador del sistema a través de la consola.

Tareas

- Control de interrupciones (*interruption handler*), que revisa las interrupciones; por ejemplo, el fin de una operación de entrada o salida, de modo que sea posible asignar otra tarea a la unidad que quedó libre.
- Supervisor de contenido (*contents supervisor*), que mantiene un directorio del contenido de la memoria central, que asigna espacio de la memoria central a diversos trabajos según el contenido del directorio del supervisor de contenido.
- Supervisor de tiempo, que controla tiempos de ejecución, tiempo de inicio y de terminación, fecha, etcétera.
- Supervisor de tareas (*task supervisor*), que mantiene información acerca de las diversas tareas del sistema.
- Carga inicial de programas, que carga los programas y permite establecer puntos de prueba y rearranque dentro de los programas.
- Despachador de tareas (*task dispatcher*), que maneja las diversas tareas de acuerdo con el contenido del bloque de control de tareas.
- Bloque de control de tareas (*task control block*), grupo o paquete de datos que se anexa a cada tarea y que viaja dentro del sistema junto con ésta. Contiene datos acerca del trabajo, de las subrutinas que se necesitan, de los datos que se requieren, etcétera.

Datos

- Supervisor de entrada/salida (*I/O supervisor*), que maneja los canales de entrada y salida, las operaciones que se requieren y las colas de datos.
- Administrador del directorio (*directory manager*), que controla el catálogo y localiza la información guardada en las memorias auxiliares.
- Administrador de espacio de acceso directo (*direct access device space management*), que asigna espacio de almacenamiento en los dispositivos de acceso directo.
- Métodos de acceso (*access methods*), que manejan las diversas posibilidades de organización de datos.
- Rutinas de apertura y cierre de archivos.

Los programas de proceso sirven para instruir a la computadora con el objeto de que ésta proceda a realizar los procesos de aplicación que demanda el usuario.

Estos programas de proceso, se ligan al sistema operativo a través de los programas de control destinados a la administración de trabajos. De esta manera podemos decir (fig. 10.8), que los programas de control hacen las veces de supervisor sobre los programas de proceso, ejecutándolos de acuerdo con un plan previamente establecido.

Los programas de proceso se dividien en tres tipos: *lenguajes; de servicio y aplicaciones.*

Lenguajes

Comprenden los diversos traductores de lenguajes: compiladores, ensambladores, etcétera. Algunos ejemplos pueden ser: [17].

ALGOL	PL/1	PASCAL
Ensamblador	GPSS	FORTH
FORTRAN	APL	C
COBOL	Simula	LISP
BASIC	Simscript	ADA

Programas de servicio

Los suministra el fabricante, en la mayoría de los casos, para resolver problemas particulares. Se pueden mencionar:

- De copia. Copian archivos de un soporte físico a otro (cinta a disco, discos a tarjetas).
- Editor (*Linkage editor*), al compilar un programa, el compilador produce módulos es decir, unidades que serán manejadas por el sistema operativo. El editor puede encadenar varios módulos de manera que se forme un programa completo y pueda ser ejecutado. Es también función del editor asignar direcciones de memoria reales a las instrucciones cada vez que se requiere ejecutar un programa (esto permite usar direcciones relativas y por lo tanto ubicar el programa en cualquier parte de la memoria). Por medio del editor puede dividirse un problema para que sea desarrollado por diversos programadores, inclusive en lenguajes distintos.
- Clasificación/intercalación (*sort/merge*). Es muy común el problema de clasificar o intercalar archivos en un orden preestablecido. El programa (sort/merge) realiza estas funciones con base en parámetros suministrados por el programador.
- Misceláneos: programas para usos particulares; por ejemplo, limpiar memorias, probar dispositivos, diagnósticos de programas.

Programas de aplicaciones

Los elabora el usuario para resolver problemas particulares; por ejemplo, el programa de nómina o el programa de actualización de inventarios.

FUNCIONES ADICIONALES

Los sistemas operativos permiten realizar algunas funciones adicionales además de las descritas:

Transferencia de información

Una función que puede manejar un sistema operativo y que puede ser de interés para el usuario, es la de asignar salidas de impresión a dispositivos de almacenamiento secundario, tales como discos o cintas magnéticas, con el propósito de impedir que las impresoras asociadas a la UCP se conviertan en "cuellos de botella"; este procedimiento se conoce en la jerga de la computación como *spooling*.[10]

Contabilidad

Generalmente es necesario que se mantenga una contabilidad sobre el uso de los recursos de cómputo, así como estadísticas operativas y otros datos que permiten administrar más eficientemente el sistema. El sistema operativo debe ofrecer posibilidades adecuadas para este tipo de necesidades, así como una "bitácora" que permita reconstruir y/o auditar la operación del sistema.

Consideraciones especiales

En el caso de los equipos más pequeños o microcomputadoras, se ha desarrollado un esquema basado en un monitor o supervisor básico que abarca varios de los aspectos mencionados previamente. Este sistema operativo mínimo se integra muchas veces en ROM (memoria de lectura solamente) y forma parte virtualmente de los circuitos eléctricos de la máquina.

Normalmente el monitor de las microcomputadoras ofrece facilidades mínimas para el arranque inicial de la máquina, para entrada de datos por un teclado, para salida a un despliegue visual y para desarrollo básico de programas. También puede incluir un intérprete para un lenguaje de programación que facilite el uso de la máquina.

[10] En realidad su traducción literal al español no tiene un significado preciso por lo que hemos usado la palabra transferir.

En estos casos, se da el nombre de sistema operativo a los programas complementarios que permiten el manejo de unidades de disco. Estos programas complementan al monitor básico y amplían su capacidad dándole mayor flexibilidad y poder a la máquina. Sin embargo, se requiere en estos casos utilizar una cierta parte de la memoria central para que opere el sistema operativo. También se requiere que al arrancar la máquina se cargue desde un disco el propio sistema operativo (esto puede hacerlo en forma automática el monitor básico de la máquina).

TIPOS Y NIVELES DE SISTEMAS OPERATIVOS

Se puede clasificar a los sistemas operativos desde dos puntos de vista:

Por nivel
1. BOS (*Basic operating system*)
2. DOS/TOS (*Disk and tape operating system*)
3. OS (*Operating system*).

Por tipo
1. PCP (*Primary control program*)
2. MFT (*Multiprogramming with fixed number of tasks*)
3. MVT (*Multiprogramming with variable number of tasks*).

El nivel se refiere al tipo de facilidades que ofrece el sistema operativo; así, BOS es el nivel más bajo y por tanto el más simple; resulta obvio que requerirá menos memoria, pero la optimización de recursos que logra es baja. OS representa el nivel más avanzado y requiere una máquina con memoria relativamente grande; es útil en grandes sistemas, pues alcanza un elevado grado de optimización. El OS comprende los diversos aspectos descritos hasta aquí mientras que DOS, TOS y BOS tienen progresivamente menos programas tanto de control como de proceso.

El tipo se refiere a la forma de operar del sistema operativo:

PCP Permite operar con una sola tarea a la vez.

MFT Permite operar hasta 15 (en el caso de los sistemas operativos de IBM) programas diferentes en forma simultánea. Una característica de este caso es la división (imaginaria) de la memoria central en varias "particiones" cada una de las cuales es asignada a un trabajo.

MVT Es similar al MFT pero las particiones se definen y asignan en forma dinámica y automática por el propio sistema operativo, según las necesidades del momento. Esto permite un uso más efectivo de la memoria.

Algunos de los sistemas operativos modernos, como UNIX, permiten operar a los niveles y tipos más avanzados, aún con máquinas pequeñas.

ASPECTOS OPERATIVOS

Los sistemas operativos deben estar continuamente en la memoria central; pero, con objeto de evitar la necesidad de memorias muy grandes, es común que se tenga una parte del sistema operativo en memoria y el resto en unidades de acceso directo. La parte que permanece en memoria se conoce como "residente" o núcleo y se encarga de las operaciones más frecuentes, así como de llamar a la memoria las partes del sistema operativo requeridas en un momento dado.

Al arrancar la máquina, el operador selecciona la dirección donde se encuentra guardado el núcleo (en cinta magnética, disco u otro dispositivo) y carga a la memoria central la primera parte, manualmente; después, el sistema ya cargado toma el control y efectúa las operaciones restantes en forma automática.

Cabe aclarar que los sistemas operativos se forman (o generan) para cada caso en particular, bajo las especificaciones del usuario a partir de módulos disponibles; así este cuenta con tres tipos de programas:

- Requeridos: deben incluirse siempre.
- Opcionales: pueden incluirse o no.
- Alternativos: debe escogerse uno de varios para ser incluidos.

El usuario define de este modo:

a) Qué nivel requiere.
b) Qué tipo de sistema operativo es el más adecuado.
c) Los componentes del sistema operativo.
d) Las opciones de los diversos componentes.

Lo anterior dependerá obviamente de muchos factores: aplicaciones previstas, equipo disponible, personal disponible, resultados deseados, entre otros.

ADICIONES Y ACTUALIZACIONES

Generalmente los proveedores cuentan con personal que se dedica a elaborar y perfeccionar el software[11] destinado al proceso de sus equipos, lo que ocasiona constantes cambios, omisiones o incrementos en los sistemas operativos en uso; aunque en realidad cada nueva versión de un sistema operativo puede o no ser adoptada por el usuario, el no hacerlo reduce la posibilidad de aprovechar mejor a la computadora y tiene implicaciones en el apoyo que brinde el proveedor. Sin embargo, apegarse a todos y cada uno de los cambios que vaya sufriendo un sistema operativo requiere tiempo y costo

[11] También lo hacen para el hardware sólo que en este caso no es de interés para el tema que nos ocupa.

monetario. Además es difícil que cuando se realizan adiciones notables al sistema operativo un usuario las adopte inmediatamente. Por lo general se mantiene de una a tres versiones atrás, esto se debe a que cada vez que se adopta una nueva versión es necesario haber realizado ciertos cambios en los programas de aplicación. Lo común y recomendable es que una versión se adopte después de que han salido varias, entre la que se está usando actualmente y la que se piensa adoptar. Esto no resulta tan grave ya que la mayor parte de las modificaciones son menores, de poca trascendencia operativa o afectan sólo funciones especiales. En última instancia es el usuario quien debe decir qué tan frecuentemente y en qué momento adoptará una nueva versión, evaluando por un lado las ventajas que en términos de aprovechamiento obtendría y, por otro, las desventajas medidas en costo, esfuerzo y tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Burck, Gilbert, et al., *La era de la computadora*, Colección Moderna, núm. 125, Diana, México, 1969.
[2] Cashman Thomas, Keys, y William J., *Data processing and Computer Programming*, Canfield Press, San Francisco, Calif., 1971.
[3] Davis, Gordon B., *Computer Data Processing*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1969.
[4] Flores, Iván, *Computer Software*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1965.
[5] Flores, Iván. *Data Structure and Management*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1970.
[6] Gordon, Geoffrey, *Systems Simulation*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1969.
[7] Gruenberger, Fred, *Computing-A Second Course*, Canfield Press, San Francisco, 1972.
[8] IBM., *Manual de información general. Conceptos de sistemas de programación*, Forma C10-6003 (USA form F20-8149).
[9] IBM., *Systems/360 Operating Systems. Concepts and Facilities*, Forma C28-6535-5.
[10] IBM., *Systems/360 Operating Systems-Introduction*, Forma C28-6534-2.
[11] IBM. *¿Qué hacen las computadoras y cómo lo hacen?*, Forma C10-6052 (USA form 519-000).
[12] Laurie, Edward J., *Modern Computer concepts*, South-Western Publishing Co. Cincinnati, Ohio, 1970.
[13] Madnick E. Stuart y Donovan J. John, *Operating Systems*, McGraw-Hill, Massachusetts, 1974.
[14] Martin, James, *Design of Real-Time Computer Systems*, Prentice-Hall Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1967.
[15] Presser, Cárdenas y Marín, *Ciencias de la computación*, Limusa, México, 1972.
[16] Sbattini, Mariangela, *Fortran, Cobol, PL/I*, Etas Kompas, Milán, Italia, 1969.
[17] Sammet, Jean E., *Programming Languages*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1969.

11

Organización de archivos

En capítulos anteriores, nos hemos referido a las unidades de entrada y/o salida, describiendo su funcionamiento y los dispositivos de almacenamiento que cada una de estas unidades maneja. Esto corresponde a los aspectos que hemos mencionado como hardware, a ellos habrá que añadir los aspectos estructurales de diseño de los formatos de los registros y la organización de los archivos, que serán la base del manejo de los datos.

El usuario, (analista o programador) determina la forma en que se manejarán los datos, considerando las necesidades del proceso de los mismos y las características físicas del dispositivo en el que están almacenados.

La definición y diseño de la forma en que se estructuran los datos, el modo de localizar un dato específico, y la forma de asignar el espacio disponible en el dispositivo de almacenamiento, constituyen aspectos importantes de la organización de archivos.

La organización de los archivos tiene un reflejo directo en el diseño del software, ya que los programas de cómputo son los que, en última instancia, utilizan los datos almacenados.

Una organización de archivos eficiente puede, en muchos casos ser la diferencia entre sistemas de información adecuados y otros con problemas tales como proceso lento, poca flexibilidad, desaprovechamiento del espacio disponible, errores frecuentes o limitaciones en la información obtenible.

Cada aplicación que se incorpora a un sistema de información computarizado, tiene requerimientos específicos para el manejo de sus archivos. Incluso, las necesidades pueden variar con el tiempo. Por lo tanto, no existe una forma perfecta de organización de archivos aplicable a todos los casos. Resulta necesario adoptar diversas técnicas y posibilidades de organización de archivos de acuerdo con el caso específico de que se trate, incluyendo consideraciones respecto del equipo con el que se cuenta.

Por ello es pertinente destacar que además de una adecuada selección de equipo, es necesario un diseño inteligente de la organización de los archivos para obtener las mayores ventajas de un sistema de cómputo. Desde luego,

dado que la manera en que se desee organizar los datos influye en el tipo de equipo por adquirir, es recomendable definir, hasta donde sea posible, la organización de los archivos que se tendrá para las diferentes aplicacionescon objeto de seleccionar la configuración de computadora que se preste más a la organización de los archivos de acuerdo con la definición establecida [3].

TIPOS DE ORGANIZACIÓN

La forma de organización depende esencialmente del modo en que puede localizarse una unidad de información dentro de un archivo. Con base en esto podemos decir que los archivos pueden organizarse básicamente de dos maneras:

a) acceso directo
b) accesosecuencial

Dentro de esta clasificación puede darse una serie de variaciones, principalmente en lo que se refiere a los mecanismos utilizados en cada caso para lograrel acceso.

El acceso directo se refiere a poder alcanzar directamente, sin necesidad de pasar por datos anteriores, los datos sobre un registro buscado; por ejemplo, en un disco magnético podemos alcanzar directamente un registro haciendo que el brazo lector se desplace hasta la pista en donde se encuentra el registro buscado para recuperarlo de inmediato.

Para utilizar un método de acceso directo se requiere que el dispositivo de almacenamiento permita alcanzar cualquier dato físicamente; esto es, debe conocerse la ubicación precisa y poder llegar a ella en forma directa. Algunos autores también llaman a esta forma de acceso "al azar", o "aleatoria"; sin embargo, consideramos que acceso directo es más apropiado y por lo tanto dejamos la denominación de acceso aleatorio a una de sus modalidades, tal como se verá más adelante.

El acceso secuencial se refiere a que los registros de datos están dados en un orden progresivo y para obtener uno de ellos habrá que pasar por los anteriores; por ejemplo en una cinta magnética si deseamos alcanzar el registro número 200 en secuencia, es menester desplazar la cinta 199 registros adelante antes de alcanzar el que deseamos.

Dentro de éstos dos tipos básicos de organización de archivos podemos encontrar algunas variaciones e incluso combinaciones de ambos. En general la organización más adecuada depende de factores tales como:

- La cantidad de registros en el archivo.
- El tiempo de respuesta requerido.
- La cantidad de registros que se agregan y eliminan.
- La cantidad de registros que sufren modificación.
- La frecuencia con la que se actualiza el archivo.

- El tamaño de los registros.
- El tipo de reportes que se planea producir.
- El tipo de información que se está almacenando.
- Las características del equipo y del software básico disponibles.

El acceso secuencial puede obtenerse con base en la estructura física del almacenamiento, como en el caso de cintas magnéticas o cintas de papel. Sin embargo también es posible lograrlo en discos y otros dispositivos de acceso directo al guardar los datos con un patrón que permita su localización en una secuencia predefinida.

Algunas de las maneras más comunes de organización de archivos se dan en la siguiente clasificación:

- Tipos de organización de archivos
  - *a*) secuencial
    - en serie
    - en grupos
  - *b*) directo
    - indexado (con índice)
    - con apuntador (listas)
    - aleatorio[1] (hashing)

El usuario, junto con el diseñador, deberán definir el tipo de organización que permite optimizar tiempo y costo en la recuperación y grabación de los datos.

Secuencial en serie

Se refiere a organizar los registros uno tras otro, de acuerdo con un orden secuencial dado por algún campo; por ejemplo, un archivo de empleados puede organizarse de esta manera considerando la clave de cadaempleado; uno de clientes tomando en cuenta la clave de cada cliente. Este tipo de organización es adecuado cuando cada vez que se utilice un archivo, un alto porcentaje (75% o más) de sus registros se utilicen o revisen.

Secuencial en grupos

Se refiere a organizar un conjunto de registros con base en dos o más características en forma secuencial; por ejemplo el archivo de empleadosorganizado por número de departamento y dentro de cada departamento por clave de empleado. Las cuentas por cobrar organizadas por número de sucursal y dentro de cada sucursal por número de agente y dentro de éste por clave de cliente.

[1] También se le conoce con el nombre inglés: random.

En realidad para efectos de búsqueda, el tiempo promedio necesario para llegar a un registro, tanto en el caso secuencial en serie, como en éste, es el mismo, lo que se gana aquí es una mejor organización que puede traducirse en ahorro de tiempo en la elaboración de los reportes, ya que el archivo en estos casos está organizado previendo los informes que se deben obtener. Esta modalidad es conveniente para su uso operativo, aunque resulta un tanto rígida e inadecuada para obtener múltiples informes de diferente tipo del mismo archivo.

En general, los archivos secuenciales resultan inconvenientes si se requiere un tiempo de acceso muy corto y el archivo es grande (por ejemplo, si se desea consultar por terminal los saldos de clientes en un banco).

También resultan inadecuados los archivos secuenciales en casos en que se deben incorporar y eliminar frecuentemente muchos registros. Esto se debe a que normalmente estas operaciones requieren que un archivo secuencial se regenere totalmente con cada actualización.

Indexado

Se refiere a las técnicas en que se utiliza, por separado del archivo de datos, un índice o archivo completamentario que permita dirigir la búsqueda directamente al registro deseado, el índice generalmente consiste en una lista ordenada secuencialmente formada por registros muy pequeños que contienen la o las características de búsqueda y la posición de los registros; por ejemplo en un índice puede tenerse al número de cliente y la posición en el disco donde se encuentra el registro de éste, en la figura 11.1 se muestra una serie de registros índice que pueden estar localizados en un dispositivo de acceso directo, como puede ser un disco magnético, en este caso un registro de la serie podría indicar que el registro del cliente 308 se encuentra en la pista 153 del disco, en el sector 20 dentro de dicha pista, a continuación el cliente 312 se indica tiene su registro en el sector número 14 de la pista 92.

Número de cliente	Posición	Número de cliente		
308	15320	312	09214	
Registro	Índice	Registro	Índice	

Figura 11.1. Ejemplo de un archivo de índices.

Cuando el registro buscado puede obtenerse con los datos encontrados en su registro índice sin necesidad de una búsqueda posterior se dice que el archivo está organizado de manera indexado-directo.

Cuando los registros del índice se encuentran ordenados por clave de búsqueda (en el ejemplo, por número de cliente), se dice que se trata de una organización indexada-secuencial (*index-sequential*).

Es posible tener una organización en la que se cuente con varios índices para un solo archivo. En este caso se puede localizar directamente un registro de acuerdo con diversos atributos. Por ejemplo puede tenerse un índice por clave de empleado y otro por registro federal de causantes. Una ampliación de este concepto permite contar con sistemas de bases de datos que permitan realizar fácilmente búsquedas complejas.

Otras variantes de la organización con índices, útiles para grandes archivos, ofrecen la posibilidad de usar índices múltiples de modo que los índices mismos no sean excesivamente grandes y se conviertan en un cuello de botella en el acceso a la información. En este caso por ejemplo, el primer índice podría apuntar a un segundo índice, el cual indique la ubicación del registro deseado. Si tenemos un archivo de empleados, el primer índice podría apuntar de acuerdo con la primera posición de la clave de empleado a uno de los 10 índices de segundo nivel en donde se encuentran los apuntadores correspondientes a los registros del archivo principal (véase figura 11.2).

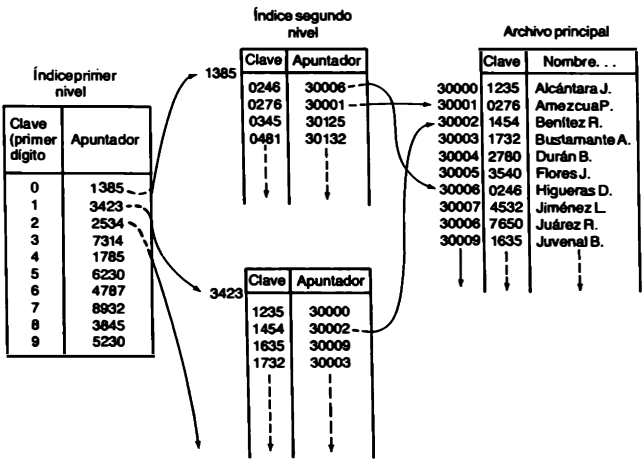


Figura 11.2. Organización con archivos de índices múltiples.

Con apuntador (listas)

En este tipo de organización cada registro cuenta con un conjunto de datos que indican cuál es el anterior y/o el siguiente registro de acuerdo con determinada característica; por ejemplo si queremos listar a todos los clientes de un banco que tienen cuenta de cheques, lo podemos hacer de varias maneras: por orden alfabético del apellido del cliente, por número de cuenta, por antigüedad, por localidad, etcétera, estos listados pueden elaborarse con este tipo de organización sin necesidad de ordenar los registros cada vez de acuerdo con el listado que se requiere, basta con colocar un apuntador[2] que nos indique cuál es el primer registro de la lista y cada registro a su vez nos indicará cuál es el siguiente. Lo anterior permite llevar una doble secuencia o una secuencia invertida.

Nótese que a pesar de que existe una secuencia establecida ésta no se da físicamente. Un registro localizado en cierta posición permite pasar a otro que le sigue en secuencia lógica aunque físicamente se tenga en una posición distante del anterior. Esto determina que el tipo de organización sea secuencial de acuerdo con un orden establecido, pero la manera de obtener los datos es directa, lo que en última instancia define el tipo de organización.

Existen dos modalidades muy comunes con este tipo de organización de archivos: *a*) lineal y *b*) arborescencia; la primera se refiere a tener ordenado un archivo en función de cierto dato característico en donde cada registro contiene la dirección del siguiente en una cadena de datos; por ejemplo, en la figura 11.3 se muestran tres registros; el primero de ellos, arriba, se encuentra en la posición 03225 y pertenece al cliente 1350 que se apellida Márquez Islas, ese registro contiene, entre otras cosas, la dirección del registro que le sigue en secuencia alfabética, la cual es 01824, en esta posición se encuentra el registro del cliente 0782, Martínez Rojas; en cuyo registro se encuentra a su vez la dirección del siguiente en orden alfabético, el cual se encuentra en la posición 04126, este último registro de la figura 11.3 indica que en secuencia sigue el registro ubicado en la dirección 00420.

Cuando un registro es el último de la lista, el apuntador al registro siguiente contiene una marca distintiva (por ejemplo, un asterisco) para poder identificar el final de los datos.

La modalidad de arborescencia se tiene cuando un registro encabeza una serie de registros que se relacionan o son derivados de éste; por ejemplo si hablamos de un archivo de agentes de ventas (fig. 11.4) podríamos decir que en la dirección 03215 se encuentra el registro del agente 014, Monroy Vázquez; observaremos que en este registro se encuentra la dirección 02128 que corresponde al registro del siguiente agente en secuencia; también se observa la dirección 01136 la cual corresponde al registro del primer cliente del agente 014; el registro de este cliente, a su vez, contiene la dirección 01202 que corresponde al siguiente cliente del mismo agente; en este segundo registro se observa la dirección del registro del tercer cliente en secuencia; este tercero

[2] Es decir, una manera de indicar por medio de uno o varios dígitos la posición de otro registro.

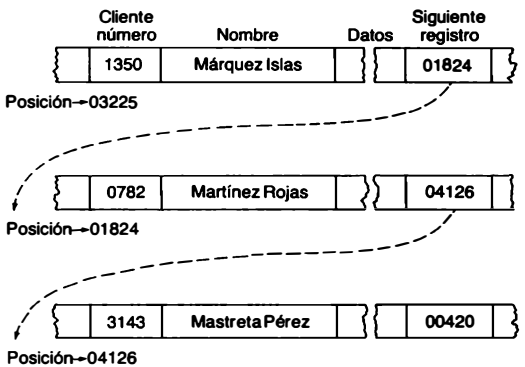


Figura 11.3. Ejemplo de una lista.

tendrá la dirección del cuarto y así sucesivamente hasta llegar al último cliente de este agente. Así mismo, el registro de cada cliente nos lleva a los pedidos que cada cliente ha realizado; el cliente 01014 contiene la dirección del primer pedido de su lista en secuencia en la dirección 00712, a su vez este registro contiene la dirección del segundo pedido en la lista del cliente y así sucesivamente hasta el último pedido de la lista.

Obsérvese que a partir del registro de cada agente tenemos la posibilidad de llegar al registro de cualquiera de sus clientes y que a partir de cada cliente tenemos la posibilidad de arribar a cada uno de los pedidos que éste ha realizado; esto configura una organización de archivos en arborescencia, en donde cada agente es tronco de donde se deriva una serie de ramas representadas por cada uno de sus clientes; estos últimos, a su vez, son tronco de los pedidos que nacen de ramas de éste.

Aleatorio (hashing)

En este tipo de organización los registros se introducen y recuperan de una dirección definida mediante un dato característico contenido en el mismo registro. La dirección resultante puede derivadarse de una operación efectuada sobre ese dato; por ejemplo si queremos ubicar los clientes de una empre-

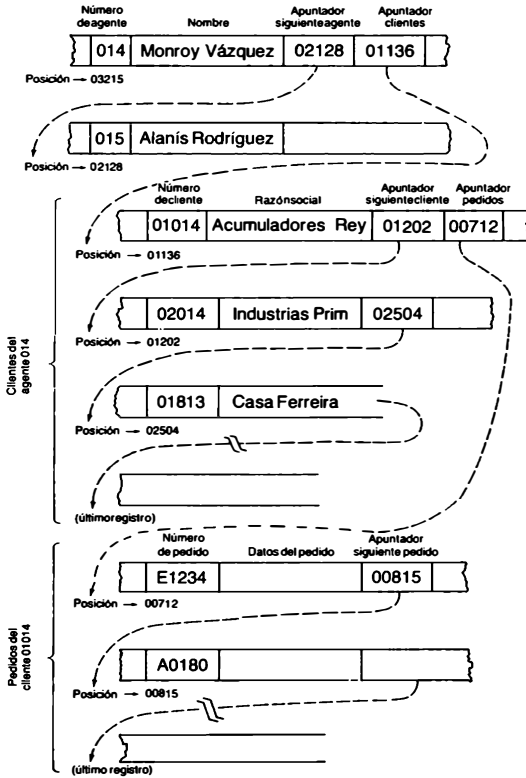


Figura 11.4. Ejemplo de una estructura arborescente

sa en un archivo organizado de esta manera, podemos proceder de la siguiente forma: *a*) tomar el número del registro federal de causantes (sólo la parte numérica); *b*) elevarla al cuadrado, y *c*) tomar las cifras del centro como dirección en donde deba colocarse el registro.

Este tipo de organización, si no se sabe manejar adecuadamente acarrea serias desventajas, ya que generalmente se tienen problemas de indentidad llamados "colisiones", debido a que en ocasiones dos o más registros caen en la misma dirección, para lo cual es necesario realizar operaciones adicionales que subsanen esta situación. En general, esta organización redunda en un uso poco eficiente del espacio de almacenamiento.

La principal ventaja del método aleatorio es la velocidad con la que permite localizar un registro. Cuando es posible asegurar un bajo nivel de colisiones, el método aleatorio es el más rápido para accesar un dato, pues requiere un mínimo de búsqueda.

De todos los tipos de organización mencionados, el usuario o diseñador puede seleccionar la más adecuada a los procesos que desea realizar, e incluso modificar y combinar las maneras vistas; desde luego, la selección habrá de hacerse de acuerdo con las posibilidades físicas del equipo de cómputo.

COMENTARIOS SOBRE LA SELECCIÓN DE UN MODO DE ORGANIZACIÓN

Cuando deseamos definir una manera de organizar los archivos que han de procesarse por computadora se recomienda evaluar tanto el volumen de los datos por almacenar como la frecuencia con la cual serán requeridos; por ejemplo si tenemos aplicaciones en las cuales todos los registros archivados han de revisarse, como es el caso de un archivo de empleados usado para la elaboración de la nómina, puede resultar más ventajoso tener el archivo organizado en forma secuencial, que en alguna forma de acceso directo; si por el contrario, si cada vez que se corra un proceso sólo unos cuantos registros deberán observarse, entonces resulta más ventajoso organizar el archivo de manera tal que podamos recuperar los registros en forma directa. En resumen, la frecuencia con la que se requiera cada uno de los registros de un archivo nos dará una pauta[3] sobre el tipo de organización que debemos establecer. Observemos la figura 11.5 en la cual representa en el eje vertical la frecuencia porcentual de registros por tratar en el proceso de una aplicación; a mayor proporción de registros por revisar, mayor tendencia a usar un archivo secuencial y conforme F decrece la tendencia es seleccionar un archivo de acceso directo.

En realidad no solamente la frecuencia con que se requieran en cada proceso los registros de un archivo determinará el tipo de organización. Tam-

[3] Aunque generalmente es decisiva la frecuencia con que se revisarán los registros de un archivo en una corrida, también deben considerarse otros factores tales como la velocidad de proceso, el costo de almacenamiento o el tipo de proceso por realizar; factores que en ciertas circunstancias pueden ser decisivos.

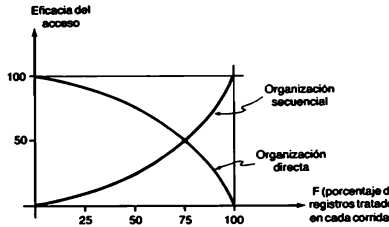


Figura 11.5. Criterio para seleccionar una forma de organización.

bién influyen las operaciones que deban efectuarse, en relación con el acceso a los registros que han de recuperarse y el volumen de los datos contenidos en el archivo. Por ejemplo, en un archivo voluminoso del que se requiera obtener sus registros en diferentes secuencias, es recomendable organizar dichos registros en la secuencia más usada, en orden físicamente secuencial y prever que el resto de las secuencias se establezcan lógicamente por medio de apuntadores. Esto último deberá contemplar el uso de un dispositivo de acceso directo como son los discos magnéticos.

Actualización de los datos

Lo más importante al seleccionar un cierto tipo de organización de archivos, es reconocer la manera en que se han de recuperar los datos registrados en éste, para posteriormente actualizar dichos datos y retornarlos ya actualizados al archivo.

Por regla general, en los procesos sobre archivos secuenciales se leen todos los registros, por ello después de procesar cada uno de éstos, lo más apropiado es definir un área de grabación diferente de la de lectura, esto permite guardar como respaldo el archivo que ha sido leído; por ejemplo, si se trata de actualizar un archivo contenido en una cinta magnética los pasos por seguir (fig. 11.6) son:

1. Ordenar los registros que se van a introducir, con la misma secuencia que tiene el archivo de la cinta 1.
2. Leer un registro del archivo en la cinta 1, en la secuencia progresiva en que se encuentren.
3. Leer un registro de los que se deben introducir.
4. Determinar cuál de los dos registros leídos debe grabarse primero en la cinta 2 (de salida).

5. Realizar las modificaciones o procesos que se requieran para el registro que se definió en el paso 4.
6. Grabar en la cinta 2 el registro procesado.
7. Leer el registro siguiente. Si ya se agotaron, terminar.

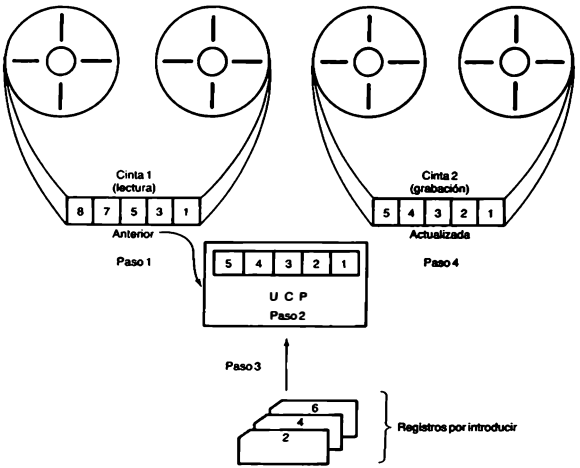


Figura 11.6. Actualización de un archivo secuencial.

Nótese que todo registro debe ser leído y grabado, aun cuando no sufra un proceso de actualización, de ahí que estos registros consuman tiempo de computadora sin provecho alguno, por ello se recomienda utilizar dispositivos secuenciales hasta donde la cantidad de estos registros no consuman, en tiempo de proceso, un costo mayor al de adquisición y uso de un dispositivo de acceso directo.

Por regla general, en los archivos de acceso directo, son leídos sólo aquellos registros que requieren actualización. En este caso, después de leer y procesar un registro, lo más apropiado es grabarlo (ya actualizado) en el sitio mismo en donde se leyó; por ejemplo, si se trata de actualizar un registro

contenido en un archivo dentro de un disco magnético, los pasos por seguir (fig. 11.7) son:

1. Leer la transacción que actualiza el registro.
2. Leer el registro que requiere ser actualizado.
3. Actualizar el registro.
4. Grabar el registro actualizado en el sitio original en donde se leyó.

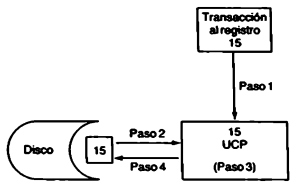


Figura 11.7. Actualización de un archivo de acceso directo.

En este caso los registros no deben estar en secuencia; sólo se requiere conocer su posición dentro del archivo para ser leídos y grabados.

El respaldo de los archivos de acceso directo puede obtenerse duplicándolos, al final de cada ejercicio, en una cinta magnética, en otra área libre de éste u otro disco, o en cualquier otro dispositivo de registro manejado por la computadora.

Localización de información

Cuando se diseña y define un archivo, es recomendable considerar la facilidad con que serán introducidos, modificados o dados de baja los registros; para lo cual es necesario encontrar, dentro del archivo, la posición en donde se localizan los registros que contienen los datos por tratar. Este proceso de localización en cuanto a celeridad, depende de la velocidad con que son trasmitidos los datos y de la manera en que son localizados.

La velocidad de trasmisión depende de la unidad que maneja el dispositivo en el que se encuentra registrado el archivo. A mayor velocidad, por regla general, la unidad tiene un costo mayor. Las cintas magnéticas son menos veloces y de menor costo que los discos magnéticos. La manera en que se localizan los datos depende de la manera en que se ha organizado el archivo y del procedimiento elegido para llegar a los registros buscados.

La manera en que se organizan los datos de un archivo define, hasta cierto punto, la forma en que éstos serán localizados, esto se debe a que se pueden aplicar diferentes procedimientos para su localización. Por ejemplo, podemos

organizar un archivo en forma tipificada como directo-indexado y proceder a la localización de los registros escogiendo entre varios posibles procedimientos, como puede ser: *a*) buscar secuencialmente en el índice desde el primer registro hasta encontrar el deseado, para después referirnos por medio de éste al registro que contiene los datos buscados, *b*) buscar en mitades (búsqueda binaria), leyendo primero el registro que se encuentra en la posición media (centro) del índice; si el número de este registro es mayor que el del registro buscado nos desplazamos al registro que se encuentra en la posición media hacia abajo (entre el primer registro del índice y el inicialmente seleccionado); en caso contrario, elegimos el que se encuentra en la posición media del otro extremo; el proceso continúa reduciéndose en mitades hasta que el número de alguno de los registros seleccionados en las posiciones medias, coincide con el número del registro deseado; una vez seleccionado el registro índice apropiado, por medio de éste, nos iremos directamente al registro que contiene los datos buscados.

La selección operativa del procedimiento para localizar los datos de un archivo es materia muy técnica, que debe ser tratada de manera especial y sale de los alcances de este libro; en la bibliografía de este capítulo se indican algunos textos que puede consultar el lector para profundizar en el tema.

La manera de localizar la información ha de justificarse, en función de la premura con que se desea obtener, al menor costo posible. La mejor selección habrá de establecerse considerando conjuntamente las unidades más apropiadas, las posibles maneras de organizar los archivos y los procedimientos de búsqueda de los datos. Cada uno de estos aspectos tiene una marcada influencia sobre los restantes, de ahí que la mejor alternativa deba encontrarse evaluando diferentes combinaciones factibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Association for Systems Management, *Business Systems*, Association for Systems Management, Claveland, Ohio, 1970.

[2] Atre S. *Data Base*, Wiley Interscience, EUA, 1980.

[3] Brabb J. George, *Computadoras y Sistemas de Información en los Negocios*, Interamericana, México, 1978.

[4] Brouse, R. A., "The Data Sequenced Computer", Western Managament Science Institute, Universidad de California en Los Angeles, Informe de investigación TM-562, 1960.

[5] Gershon J. Wheeler y Donald F. Jones, *Business Data Processing: An Introduction*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1966.

[6] Laden, H. N. y Gildersleeve, T. P., *Diseño de sistemas de computación*, Limusa, México, 1975.

[7] Ludlow, Alejandro, *Organización y proceso de datos*, Boletín técnico del Centro de Información, UNAM, números 7, 8, 9, 10, 11 y 12, 1975.

[8] Williams, R. P., *File Arrangement, Procredings*, UNIVAC Users Conference, Sperry Rand Corp, División Univac, Nueva York, febrero, 1960.

[9] "Random Access vs. Sequential Processing", *Navy Management Review*, febrero, 1959.

[10] "Random Access vs. Serial Access", *Automatic Data Processing magazine*, octubre, 1961.

Parte III

Aspectos metodológicos

12

Análisis y diseño de sistemas

La parte esencial de la planeación y diseño de sistemas de información está constituida por el estudio de sistemas teóricos. A través del mismo es posible seleccionar, de diferentes opciones, la que resulte óptima. Además, el estudio permite comparar consecuencias posibles con los objetivos iniciales.

Si nos guiamos en nuestro análisis solamente por aspectos unilaterales como el bajo costo o la confiabilidad de datos, podemos caer en una falacia, puesto que es muy raro que un sistema hipotético pueda funcionar en la práctica cuando se hayan anticipado y cubierto todas las consecuencias, con base en un solo objetivo.

Debemos aceptar como un hecho que en la práctica suele haber fallas, por lo que se debe diseñar el sistema en forma elástica y modular de manera tal, que cuando se realicen cambios sobre el mismo no se vea afectado el resto de la estructura que lo conforma [13].

Muchos sistemas de información tienen graves deficiencias en su diseño y en su operación debido a que evolucionaron sólo como subproductos de la automatización o fueron solamente adaptaciones de sistemas existentes [40].

Para que un sistema pueda satisfacer exitosamente los requerimientos y aspiraciones de los usuarios, es necesario realizar cuidadosamente el diseño y la planeación del mismo.

FUNCIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Los sistemas de información generalmente deben cubrir dos grupos de necesidades en una organización. Por un lado, deben aportar elementos para la toma de decisiones; por otro, deben apoyar las actividades operativas de la organización. Ambas funciones se complementan.

El primer aspecto está ampliamente analizado en la bibliografía especializada. De hecho generalmente es uno de los principales argumentos para la

introducción de un nuevo sistema de información. Sin embargo, pocos sistemas llegan a operar en la práctica con este enfoque de manera adecuada y efectiva. Esto se debe básicamente a tres cuestiones: *a*) la infraestructura de datos necesaria sólo puede recopilarse y organizarse a través de un sistema de información de apoyo a las actividades operativas; *b*) la naturaleza cambiante y poco estructurada de las decisiones, incluyendo el limitado análisis que generalmente se hace de la función de toma de decisiones al diseñar un sistema; y *c*) los requerimientos de información de tipo externo y/o de carácter elusivo que se tienen para tomar muchas decisiones.

Los sistemas de información para la toma de decisiones se orientan a las funciones directivas de las organizaciones, donde se presentan principalmente decisiones no-programables y de carácter estratégico.

El segundo aspecto: apoyo a las actividades operativas, es el que tiene un desarrollo empírico más amplio, aunque carece de un adecuado tratamiento teórico en la bibliografía. Esto significa que existen gran número de sistemas con este enfoque, pero las bases conceptuales y metodológicas para su diseño no están suficientemente desarrolladas.

Los sistemas de información para apoyo operativo, en rigor, también auxilian en la toma de decisiones; sin embargo, su ámbito de acción es el nivel operativo en el área de decisiones programables. Por ejemplo, un sistema de nómina facilita el pago a los empleados y normalmente "decide" en forma automática el importe que se va a pagar a cada trabajador. Estas decisiones corresponden a lo que podría denominarse "micro-decisiones" y no son comparables a las que tienen un carácter más amplio o estratégico. Por tal motivo, es común llamar sistemas para toma de decisiones sólo a los que mencionamos en primer lugar.

Los dos enfoques mencionados deben plantearse en forma integral y coordinada, ya que no es posible contar con sistemas para toma de decisiones sin los sistemas de información operativa que recolecten y organicen los datos. Por otra parte, un sistema de apoyo operativo pierde su perspectiva organizativa si no se contempla como un componente de un sistema para toma de decisiones.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

Los enfoques mencionados han generado las dos distintas orientaciones metodológicas en el diseño de sistemas descritas por Massy [25]. La primera implica que el diseño se debe basar en la estructura y flujo de los datos generados. Este supuesto metodológico es el que prevalece en los métodos tradicionales y orienta el diseño hacia un análisis o descomposición del sistema existente en sus diversos componentes en una forma deductiva; con base en ello, se diseña un sistema que sea de fácil uso y tenga una amplia cobertura de la organización. Esto generalmente lleva a un sistema de base de datos en línea.

La segunda orientación metodológica, parte del supuesto de que el sistema de información debe adecuarse a la estructura del sistema decisional de la or-

ganización. Esto implica un estudio de los puntos principales de decisiones, la naturaleza de éstas y consecuentemente, de la información necesaria. En la actualidad existe un amplio consenso de que éste es un enfoque correcto. En realidad con ello se implica un método inductivo.

Consideramos que ambos enfoques son adecuados y que deben tomarse en forma conjunta. Esto es, debe partirse de la estructura informativa existente, y de los requirimientos decisionales, para ir desarrollado los sistemas de apoyo operativo y de apoyo a las decisiones en forma coherente, de modo que lleguen a una fusión satisfactoria.

En otras palabras, deben irse adaptando los sistemas operacionales para que apoyen a la toma de decisiones, al mismo tiempo que los sistemas para apoyo a las decisiones se van adecuando y ajustando a los sistemas de apoyo operacional. Evidentemente esto no resulta simpre fácil.

En la figura 12.1 se muestra en forma esquemática el modo en que B. Langefors [19] propone la integración de las orientaciones metodológicas mencionadas, y constituye la base conceptual de la metodología descrita más adelante. Nótese que esto implica un manejo dialéctico de los métodos analítico/deductivos con los métodos sintético/inductivos, a través de los cuales sucesivamente se descompone y estudian las partes del sistema para pasar a generar e integrar nuevos componentes.

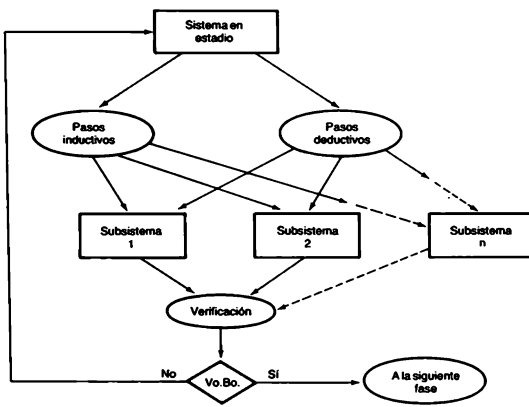


Figura 12.1. Interacción de los métodos de análisis y síntesis.

METODOLOGÍA

El análisis, al aplicarse a sistemas de información, incluye:

a) Captación y registro de información acerca de un sistema de procesos existente o propuesto.
b) Evaluación de los datos, proceso y demás procedimientos necesarios.

Un aspecto importante en el diseño de sistemas es que se pueden combinar elementos del plan ya existente con nuevas técnicas y procesos para lograr un beneficio en la implantación del nuevo sistema que se ha diseñado.

Para diseñar y poner en práctica un sistema de información, debe seguirse una serie de pasos, es decir, una secuencia de procedimientos que nos permita elaborar un sistema de información con miras a lograr los objetivos para cualquier organización específica.

Podemos desarrollar el esquema de la figura 12.1 de modo que resaltenlos pasos metodológicos que deben seguirse para el diseño y puesta en operación de un sistema. El esquema que se desarrolla es congruente con el enfoque del "ciclo de vida" de los sistemas [6, 14, 15], y constituye una generalización y una síntesis de los modelos metodológicos más importantes de la bibliografía especializada [3, 5, 6, 24, 30].

La figura 12.2 representa el esquema metodológico para el desarrollo de un sistema. La actividad de análisis constituye el aspecto deductivo, mientras que las diversas fases o etapas mostradas en el lado izquierdo de la figura, comprenden el aspecto inductivo. Las fuentes de información para el estudio aportan los elementos informativos que, una vez analizados, permiten generar el nuevo sistema a través de las fases indicadas. Desarrollamos a continuación un análisis de este modelo metodológico.

Nótese que las actividades de análisis se realizan en paralelo, o sea, al mismo tiempo y conjuntamente con las fases inductivas, con lo cual la interacción entre ambos aspectos es muy estrecha.

A partir del análisis se establecen los requerimientos de información que permitirán desarrollar el sistema; de ahí que las fuentes de información estén ligadas directamente al proceso de análisis. No deben confundirse estas fuentes de información que permitirán el diseño, construcción e implantación del sistema, con las fuentes de información que serán las entradas para el sistema en operación una vez implantado.

Consideraciones generales

La flecha que marca el regreso a la fase de diagnóstico en la figura 12.2, representa la retroalimentación permanente del propio sistema de información y significa que todo sistema debe mantenerse en observación para diagnosticar su funcionamiento. De este modo, cuando se presenten anomalías, necesidad de ajustes, nuevos requerimientos, etcétera, estas situaciones puedan

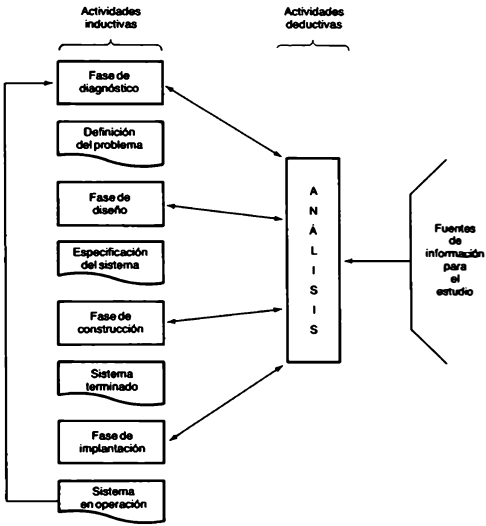


Figura 12.2. Diagrama metodológico para el desarrollo de un sistema.

detectarse a tiempo y diagnosticarse para tomar las medidas necesarias. Esto implica que es preferible un sistema flexible y adaptable a uno que sea casi perfecto pero rígido y difícil de modificar.

Al final de cada fase obtenemos un resultado. Al término del diagnóstico tenemos la "definición del problema"; la precisión de éste dependerá del detalle y calidad del estudio realizado. La conclusión del diseño nos brinda al final una "especificación del sistema".

La etapa de construcción, a su salida, hace disponible un "sistema terminado", pero aún inoperante. La etapa de implantación finaliza con el "sistema en operación".

Considerando que la actividad de análisis asociada a cada fase está íntimamente ligada con ésta, no la describiremos por separado, sino que se discutirá dentro de cada una de las fases inductivas.

Fase 1: diagnóstico

La fase de diagnóstico es en la que definiremos el problema. La figura 12.3 muestra los pasos dentro de esta etapa.

Paso 1. Obtención de información inicial.

Para la realización de un estudio es necesario obtener una serie de elementos informativos. En general, se requiere conocer las características de la organización donde se va a implantar el sistema. Es necesario además, contar con los elementos para poder determinar lo adecuado del sistema actual, ya que en muy raras ocasiones se diseña un sistema totalmente nuevo.

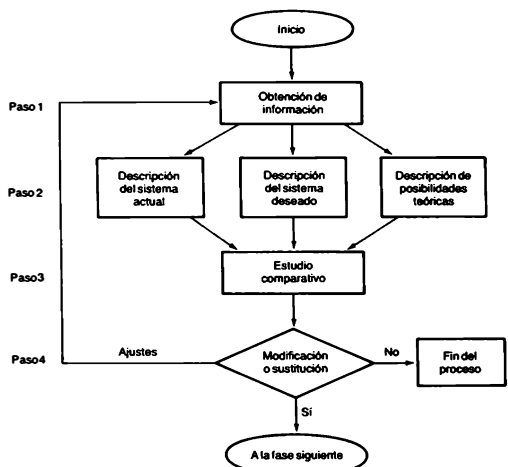


Figura 12.3. Pasos de la fase de diagnóstico.

Normalmente el proceso de diagnóstico se inicia por dos motivos fundamentales:

a) Se desea realizar una modificación. Esto puede presentarse en casos como: cambios de legislación que requieren cierto tratamiento de los datos, cambios de directivas y/o políticas de la organización, etcétera. En general, se tiene detectada la causa del cambio, ya que se debe a una indicación explícita, y por lo tanto quien inicia el proceso de diagnóstico es el usuario o los directivos de la organización.
b) Se pretende corregir una deficiencia. En este caso se requiere de un mecanismo que detecte fallas y problemas a través de un monitor del sistema de información. Muchas veces estos mecanismos son informales. Por ejemplo, el tiempo de respuesta del sistema se está alargando demasiado; en este caso, pueden tenerse sistemas formales para detectar este tipo de problema, o simplemente se puede reaccionar ante las las quejas del usuario. De ordinario estas situaciones son detectadas por la propia área de sistemas, que es, en este caso, quien propone el inicio del diagnóstico.

Una vez iniciado el diagnóstico, por cualquiera de las dos posibilidades mencionadas, se estructura un equipo de trabajo con analistas, usuarios, y otras personas de las áreas afectadas, para que realicen el trabajo.

El primer paso operativo para la realización del diagnóstico es la obtención de información a tres niveles:

1. *Información general.* Abarca datos globales de la organización y de las áreas afectadas por el sistema en estudio. Esta información debe proporcionar un marco general del ambiente en que operará el sistema de información. Normalmente se incluyen aspectos como:

   - Características generales de la organización: giro, fecha de fundación, tamaño, ubicación.
   - Marco legal: tipo de organización, reglamentos internos, contratos y convenios relevantes.
   - Estructura y características operativas: organización interna, manuales de organización y de procedimientos, políticas.

2. *Estructura decisional.* Abarca los aspectos de toma de decisiones tales como:

   - Principales puntos de decisión.
   - Análisis de los principales tipos de decisión.
   - Estimaciones de la información necesaria.
   - Modelos existentes para toma de decisiones.
   - Análisis de las principales interrelaciones entre decisiones.

3. *Flujos y fuentes de información.* Comprende datos sobre los sistemas de información relevantes para el diagnóstico, tales como [3, 4, 14, 15]:

- Documentos principales utilizados y sus instructivos.
- Diagramas y descripciones de procedimientos.
- Estimaciones de volúmenes de datos, frecuencia con que se generan.
- Inventario de recursos informativos.
- Costos actuales del sistema y proyecciones a futuro.
- Evaluación del sistema actual.
- Especificaciones de cálculo y de proceso lógico.

Paso 2. Organización de la información.

La información obtenida en el paso anterior debe estructurarse y analizarse de modo que puedan compararse la situación actual con la que se desea, tanto desde el punto de vista operativo por parte del usuario, como desde un punto de vista teórico por parte de los especialistas en sistemas de información; para esto se requiere *describir el sistema actual*, es decir, determinar el comportamiento que guarda hasta ese momento el sistema en estudio. Estos equivaldría a tomar una fotografía que describa el comportamiento y las características del sistema actual. Por otra parte se define el comportamiento que los usuarios del sistema *desean que posea*, fundamentalmente recabando información de éstos mismos. Adicionalmente, en paralelo, se determina el comportamiento teórico del sistema; es decir, el analista, en función de las decisiones que desea tomar el usuario y de acuerdo con los recursos disponibles, estimará un sistema teórico que se apegue cuanto sea posible al sistema instalado pero que permita supuestamente entregar la información que se juzga necesaria para la toma de decisiones.

Paso 3. Estudio comparativo.

La comparación de los tres comportamientos mencionados: el del sistema en la realidad, el que el usuario espera que tenga su sistema, y el del sistema teórico, nos permitirá emitir un diagnóstico que, en términos generales, ha de ser: modificar el sistema, sustituirlo, o dejarlo en operación sin cambios. Es evidente que en el último caso el problema se da por concluido. Este diagnóstico es posible después de un cuidadoso análisis y detección de las causas problemáticas identificadas a partir de la comparación de comportamientos. Determinando los supuestos funcionamientos teóricos (el deseado por el usuario y el real) y comparándolos, podemos determinar causas problemáticas y sugerir posibilidades de diseño para las soluciones.

El estudio comparativo debe producir un reporte o dictamen (llamado estudio de viabilidad o de factibilidad) que contenga los antecedentes, los elementos informativos relevantes, el análisis de los mismos, el diagnóstico y las conclusiones y recomendaciones pertinentes, incluyendo los costos, tiempos y demás elementos que permitan tomar una decisión correcta.

Normalmente en este informe se contemplan diversas alternativas para la solución del sistema en estudio, incluyendo propuestas preliminares del equipo y otros recursos necesarios para cada opción.

Paso 4. Decisión.

El reporte de diagnóstico o estudio de viabilidad, constituye una definición del problema, y es el principal producto de la fase de diagnóstico. Con base en éste, es necesario que los directivos de la organización decidan las acciones futuras, en colaboración con el equipo de personas involucradas en el sistema.

Es importante que en este paso intervengan los directivos de la organizacion, ya que por una parte, ésta es una decisión de carácter administrativo que permite mantener un control en el desarrollo de sistemas que normalmente tienen repercusiones importantes sobre la organización; por otro lado, el desarrollo e implantación de un sistema de información requiere de recursos que en ocasiones pueden ser considerables. Esto normalmente implica una asignación y/o autorización por parte de los directivos de nivel superior.

La decisión puede contemplarse en dos aspectos distintos:

a) Aceptación del informe. El grupo encargado para tomar la decisión debe revisar el estudio y, si está de acuerdo en que fue elaborado tomando las alternativas pertinentes, analizándolas en forma adecuada, procede al siguiente aspecto. Si existen dudas u objeciones, deben solicitarse al grupo de trabajo los ajustes necesarios al estudio. Esto puede implicar el reinicio del paso 1 o de alguno de los otros pasos.
b) Determinación de la alternativa por seguir. Una vez que se considera adecuado el estudio, el grupo de decisión debe seleccionar una de las opciones propuestas para la solución de la problemática detectada. Esto es, se establecen los lineamientos bajo los que deberá realizarse el resto del proceso de desarrollo del sistema.

Fase 2: diseño

En esta fase se elaboran las especificaciones detalladas del sistema. Implica una afinación y profundización en el análisis para llegar a determinar los datos necesarios, su formato detallado, los diseños detallados de los reportes, las capacidades del equipo en forma precisa, los modelos y características del equipo, la organización de los archivos, etcétera.

Un principio fundamental de diseño de sistemas de información establece que debe empezarse el estudio desde las salidas, y trabajar hacia las entradas. Primero debe conocerse cuáles son los reportes y productos deseados, para a partir de esto, definir los requerimientos de datos de entrada y los algoritmos de proceso necesarios. Esto se muestraen forma esquemática en la figura 12.4. La figura 12.5 presenta los pasos involucrados en la fase de diseño.

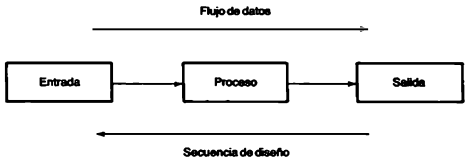


Figura 12.4. Secuencia de diseño de un sistema de información.

Paso 1. Delimitación del sistema.

Es necesario contar con criterios conceptuales que orienten el diseño del sistema. Para ello se requiere definir una filosofía de diseño del sistema deseado, que abarca aspectos tales como:

- Definición de las fronteras del sistema; o sea, su alcance.
- Definición del grado de detalle que se desea.
- Especificación del tipo de sistema deseado (centralizado, descentralizado, distribuido).
- Afinación de los objetivos del sistema.
- Grado de flexibilidad operativa.
- Nivel aceptable de cambios administrativos provocados por el sistema.
- Nivel tecnológico del sistema.

Un aspecto importante en este paso, es el establecimiento de un calendario y programa detallado de trabajo para el desarrollo subsiguiente. La figura 12.6 muestra un ejemplo de programa en forma de gráfica de Gantt.

Paso 2. Requerimientos de información.

Este paso puede realizarse en gran parte en paralelo con el anterior. Consiste en definir con precisión las necesidades de información que debe atender el sistema.

Para este paso se utiliza el estudio preliminar generado por la fase de diagnóstico. En realidad, se trata de llegar a especificaciones precisas y detalladas que sirvan de fundamento al resto del diseño.

El producto de este paso son especificaciones de los listados por producirse; ejemplos de los despliegues de las terminales, etcétera. Es recomendable que el usuario de cada reporte revise esta documentación y le ponga su firma de aceptación, ya que con frecuencia esto es una fuente de fricciones con él mismo. Si es posible conviene también que el propio usuario participe en el diseño de los productos del sistema. De este modo tanto él como el grupo de

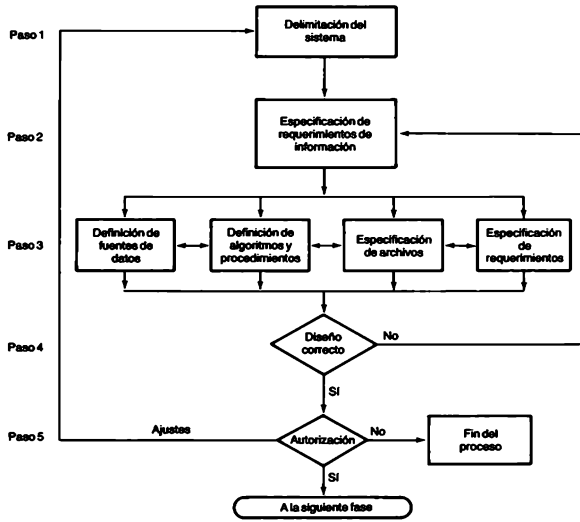


Figura 12.5. Pasos de la fase de diseño.

diseño pueden tener mayor confianza en que las especificaciones producidas sean adecuadas.

La participación activa del usuario en esta fase es muy importante, no sólo para aumentar la probabilidad de que el sistema sea adecuado, sino que también es imprescindible para lograr la cooperación del personal que debe utilizar el sistema, para reducir la normal resistencia al cambio y en general para implantar con éxito un sistema.

Como parte de las especificaciones de los requerimientos de información, deben definirse aspectos tales como [6, 14, 15, 30, 39]:

- Campos incluidos en cada reporte, con su ubicación, formato de tablas, encabezados de reportes, abreviaturas usadas.
- Secuencia y/o cortes para la presentación de los datos.

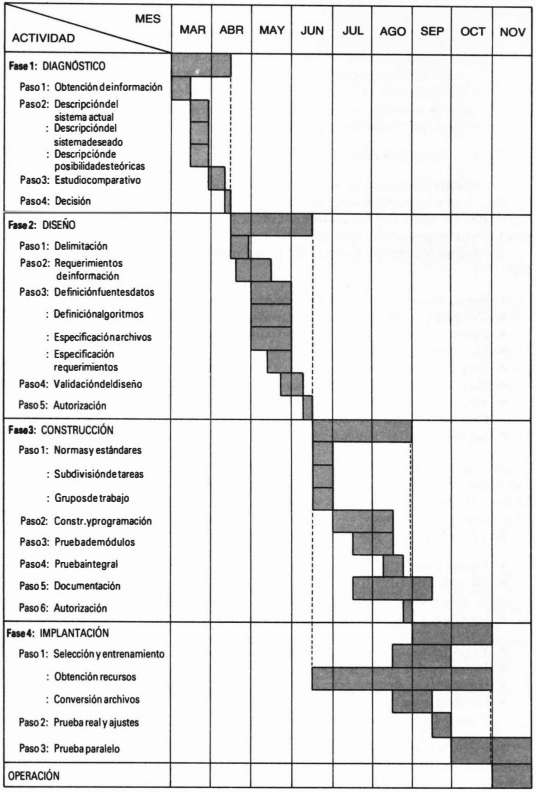


Figura 12.6. Ejemplo de programa de actividades.

- Periodicidad de cada reporte y/o consulta.
- Volumen de cada reporte y/o consulta en terminales.
- Número de copias de cada reporte y su distribución.
- Requerimientos de papelería especial.
- Especificaciones sobre confidencialidad y seguridad de los reportes.
- Otros requerimientos especiales.

Paso 3. Diseño detallado.

Se establecen cuatro actividades en paralelo, las cuales están íntimamente ligadas. Por una parte habrá que determinar las *fuentes de datos* a partir de las cuales se obtienen los insumos que requiere el sistema informático para producir la información deseada.

La definición de las fuentes de datos implican aspectos como [6, 7, 14, 24]:

- Especificación del origen de la información.
- Formas y modos en que se registran los datos fuente.
- Precisión de las fuentes, o confiabilidad de los datos.
- Volúmenes de datos por manejar.
- Características de los datos.
- Número de copias de documentos generados y su destino.
- Métodos de control y de verificación de los datos.
- Confidencialidad de los datos.
- Autorizaciones necesarias para aceptar los documentos como válidos.

En otra instancia debemos establecer los *procesos generales* y algoritmos que sobre los datos deban aplicarse, es decir, determinar genéricamente cuáles son los pasos que deberán seguir los datos obtenidos para producir la información que se demanda.

La definición de algoritmos y procedimientos abarca cuestiones como:

- Fórmulas matemáticas.
- Métodos de cálculo.
- Procesos lógicos (acciones ante diversas situaciones).
- Procesos de validación de los datos (incluyendo intervalos válidos, valores no aceptables, etcétera).
- Flujo administrativo de la información.
- Bases legales (por ejemplo para el cálculo de impuestos).
- Instructivos de procedimientos.
- Catálogos de claves, códigos.
- Datos, especificaciones y archivos para prueba de programas.

Por otra parte, se realiza la especificación de los archivos, que consiste en determinar la manera en la cual quedarán registrados los datos en los diferentes archivos de entrada y/o salida que se usarán en los procesos para la obtención de información, así como las lineamientos de organización para su recuperación y registro.

Para esto, se requiere definir:

- Volumen de los archivos.
- Diseño de los registros.
- Periodicidad de actualización.
- Grado de variabilidad de los archivos (volatilidad).
- Dispositivo físico en el que se almacenará el archivo.
- Necesidades de distribución del archivo.
- Secuencias que debe contempar el ordenamiento de los datos.
- Campos que servirán como llaves.
- Métodos de respaldo y de control de acceso.

Con base en lo anterior debe establecerse la organización que tendrá el archivo (secuencial o indexado) y las variantes correspondientes (véase capítulo 11).

Por otro lado, debe realizarse la *especificación de requerimientos*, tanto en cuanto a equipo, como en lo referente a recursos humanos, modificaciones organizativas, espacio físico, nuevos procedimientos, etcétera.

En este paso se procede a seleccionar el equipo de cómputo necesario, cuando el equipo existente resulta inadecuado o insuficiente. Esta actividad es bastante especializada por lo que no se discute aquí. El lector interesado puede consultar la bibliografía especializada [3, 6, 9, 14, 29, 35].

Nótese que estas cuatro etapas en paralelo se relacionan íntimamente. Para definir los procesos de obtención de información es menester considerar las fuentes de datos y la organización de los archivos así como los elementos de proceso que pueden utilizarse. La selección de los elementos de proceso, requerirá a su vez, de la definición de los procesos, de las especificaciones de los archivos y de la determinación de las fuentes de datos.

Paso 4. Evaluación.

Una vez elaborado el diseño (o en diversos puntos a lo largo del mismo si se trata de un proyecto muy grande), debe realizarse una revisión para evaluar la congruencia del trabajo realizado en los cuatro aspectos desarrollados en el paso anterior. Esta evaluación es de carácter técnico y contempla las interrelaciones entre los diversos elementos del diseño, con miras a determinar su viabilidad de construcción. En caso necesario debe retornarse a pasos previos y tomar las medidas correctivas necesarias.

Un punto importante consiste en verificar que se cuente con la documentación del sistema hasta el estado actual de avance del diseño.

La evaluación técnica debe contemplar también el diseño obtenido en relación con otras opciones posibles, indicando alternativas y posibilidades de mejora para que se consideren en el siguiente paso.

Paso 5. Autorización.

Una vez que el grupo técnico de diseño lo encuentra adecuado, es necesario presentarlo al grupo de revisión administrativa que integra a los directivos relevantes de la organización.[1] Esto permite una mayor incorporación de la dirección en el diseño y asegura que lo que se lleva avanzado vaya por buen camino.

En este paso pueden presentarse tres situaciones:

1. Se cancela el proyecto. Esto puede deberse a que: el diseño es inadecuado, los recursos disponibles no alcanzan para el sistema diseñado, los requerimientos o políticas organizativas han cambiado y ya no conviene desarrollar el sistema.
2. Se reajusta el diseño, de acuerdo con: nuevas necesidades, opciones que surgieron en la propia actividad de diseño, posibilidades que detecta el grupo de revisión administrativa al revisar el diseño, etcétera. En esta situación, se regresa a uno o más de los pasos previos, con lineamientos específicos para rediseñar el sistema o partes del mismo.
3. Continuación a la fase siguiente. Si todo está en orden, se prosigue con la construcción del sistema. Debido a que esa es una de las fases más caras, es conveniente contar con la autorización expresa de las autoridades competentes, para poder contar con los recursos involucrados. Al igual que en el último paso de la fase de diagnóstico, es necesario contar con la aprobación formal de los usuarios del sistema, sobre todo en lo referente a las formatos, reportes por generar y procesos de cálculo que se utilizarán.

Cabe destacar que esta segunda fase (diseño), parte de los elementos obtenidos en la primera (diagnóstico) y procede a ampliarlos, afinarlos y detallarlos. De este modo, aunque ambas tengan muchos elementos en común, la primera es más bien preliminar y genérica, mientras que la segunda resulta más detallada, definitiva y precisa. Por estos motivos el proceso de diseño es más costoso en tiempo, esfuerzo y dinero que el de diagnóstico.

Podemos decir que la etapa de diseño es la parte medular en la elaboración e implantación de un sistema; de la adecuada evaluación y relación de los cuatro pasos en paralelo dependerán fundamentalmente los alcances del sistema, tanto para resolver los problemas inmediatos como para expandirse y moldearse a circunstancias futuras.

Fase 3: construcción

Esta fase es la que normalmente absorbe la mayor cantidad de recursos y donde se ocasionan los mayores problemas y retrasos. Sin embargo, esto se

[1] Véase sobre esto la discusión que presenta Metzger en el libro "Administración de un proyecto de programación", Editorial Trillas, México.

debe muchas veces a que las fases anteriores no se realizaron cabalmente [15]. Si las etapas de diagnóstico y de diseño se cubren adecuadamente llegaremos a la construcción con todos los elementos necesarios y podrá resolverse sin contratiempos y sin requerimientos excesivos de recursos.

La construcción del sistema implica principalmente la programación de los equipos de cómputo; la prueba de los programas y la elaboración de la documentación respectiva. En la figura 12.7 se muestra el diagrama de los pasos correspondientes a esta fase.

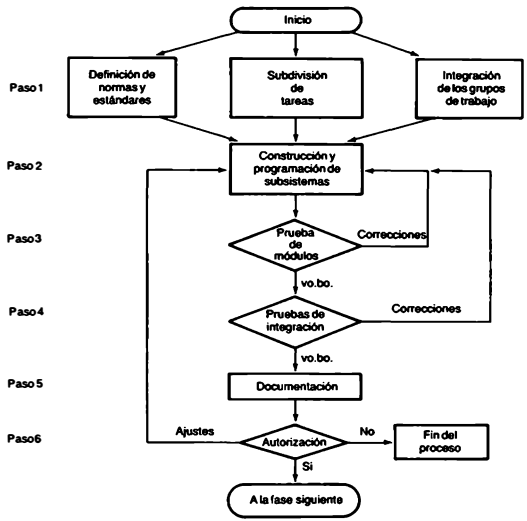


Figura 12.7. Pasos de la fase de construcción.

Paso 1. Preparación.

Abarca las diversas actividades preliminares que deben desarrollarse antes de proceder a la programación y construcción.

Por un lado se definen las normas y los estándares para la construcción, es decir, se determina el lenguaje y formato que deberá usarse en cada una de las partes que se elaboren; generalmente dependiendo del sistema que se vaya a construir son varias personas o grupos los que intervienen; este paso permite que exista homogeneidad en la nomenclatura y en la forma de construcción, lo cual evita serias desviaciones que aunque podrían considerarse de forma, pueden acarrear problemas de fondo.

Esta actividad sólo resulta necesaria si se trata de un proyecto único o en condiciones especiales. Normalmente cada instalación debe contar con normas y estándares en vigor, que son las que deben seguirse. En ocasiones, es necesario ajustar, afinar o adecuar las normas vigentes para un problema específico.

Por otra parte, es necesario dividir el sistema en tareas más pequeñas que puedan administrarse, controlarse y coordinarse con mayor facilidad. Esto es particularmente crítico en sistemas grandes; sin embargo, es muy conveniente en sistemas menores, ya que se adapta a las recomendaciones de las técnicas modernas de programación, al facilitar el control de proyectos desarrollados con programación modular o estructurada. El lector interesado puede consultar alguna de las obras de esta especialidad citadas en la bibliografía [6, 15, 38].

Para la realización del sistema se requiere integrar los grupos de trabajo necesarios. Éstos se formarán de acuerdo con los requerimientos de construcción y los tiempos previstos para la conclusión de cada etapa.

Puede apreciarse fácilmente la estrecha relación que existe entre los dos aspectos anteriores dispuestos en paralelo. Para elaborar un adecuado calendario y división de actividades debemos partir de ciertos supuestos que incluyen a los grupos que participarán en éstas. Para realizar la asignación de tareas estableciendo grupos de trabajo, será necesario, a su vez, definir con claridad las tareas para la elaboración del sistema por construir.

Es prudente recalcar la importancia de este punto ya que de una buena coordinación entre estos aspectos depende el establecimiento adecuado de cargas de trabajo en tiempos normales de operación. Esto se encuentra sumamente vinculado a la buena administración que se debe llevar en un centro de informática [37].

Pasos 2 a 4.

Uno de los enfoques básicos de esta obra son los sistemas informáticos apoyados por máquinas computadoras u ordenadores electrónicos, de ahí que el diseño de los subsistemas y su construcción sean observados con un enfoque especial hacia el cómputo electrónico.

En estos pasos es donde se construye efectivamente el sistema. Esto es preferible hacerlo con base en los módulos o subsistemas definidos en el paso anterior.

En esencia, se traducen las especificiaciones de diseño a un lenguaje formal que sea aceptable para la computadora que se desee utilizar. En su nivel

más simple, la programación consiste precisamente en realizar una codificación de las especificaciones e indicaciones del diseño. Sin embargo, un buen programador puede ayudar mucho en optimizar o mejorar el diseño. De aquí que existan diversos niveles de programadores, desde los principiantes que sólo codifican, hasta los analistas-programadores que realizan una parte substancial del diseño. Es importante que estos últimos participen desde la fase de diseño. En muchos casos se les conoce como coordinadores de proyecto y tienen a su cargo a varios programadores; son responsables de los ajustes de diseño que se van requiriendo durante la construcción.

La programación de los diversos módulos del sistema debe contemplar la integración de éstos en un todo coherente, para lo cual, es aconsejable utilizar, desde la fase de diseño, técnicas como las de diseño jerárquico (*top-down*), estructurado o modular.

En la figura 12.8 se muestra la secuencia de actividades de la construcción

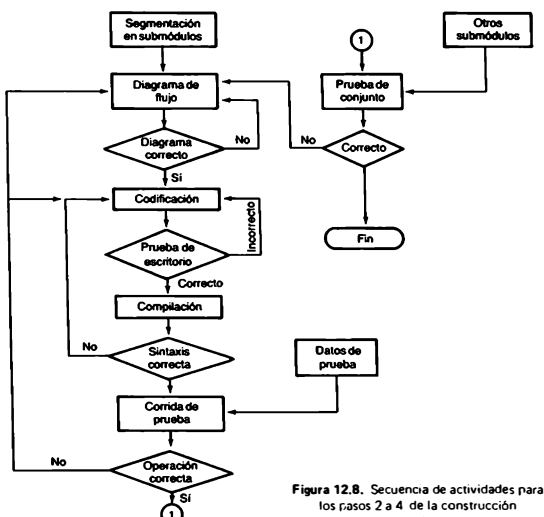


Figura 12.8. Secuencia de actividades para los pasos 2 a 4 de la construcción de un sistema.

de subsistemas. Una vez segmentado cada subsistema en módulos más pequeños, se elabora el diagrama de flujo para cada módulo y se prueba su efectividad y corrección.

Una vez que el diagrama refleja correctamente el algoritmo por seguir para que el módulo correspondiente realice su función, se procede a codificarlo, generalmente en un lenguaje fuente, tal como FORTRAN, COBOL, BASIC, u otros. Es conveniente que una vez codificado, el programador revise paso a paso el programa determinado cuál debe ser el comportamiento de la computadora al seguir las instrucciones. A esto se le conoce como prueba de escritorio.

Cuando el programa codificado se encuentra correcto en la prueba de escritorio, se compila o traduce a lenguaje de máquina. Este proceso permite validar la sintaxis y ortografía del programa, es decir, se valida su estructura formal. Una vez que ya no existen errores de sintaxis, se realizan corridas de prueba con datos preparados especialmente para ello. Esto permite validar la operación y la lógica del programa. Si existen errores, dependiendo del tipo de error, se deberán reajustar el diagrama de flujo o la codificación.

Conviene probar cada módulo por separado ya que así se facilita la detección y corrección de fallas. Al contarse con los módulos necesarios probados, se integran y se prueban en conjunto. Si existen problemas, se deben identificar y realizar las modificaciones pertinentes.

Paso 5. Documentación.

Cuando se estima que el funcionamiento del sistema construido es el proyectado se procede a afinar la documentación que guía a personas ajenas a su diseño y elaboración, tanto en la comprensión de su funcionamiento como en el detalle de su construcción. Lo primero para lograr su operación sin tropiezos, lo segundo, para facilitar la inclusión de modificaciones, cambios o adiciones que en el futuro vayan requiriéndose.

La documentación debe incluir [2, 8, 9, 14, 15, 30, 37]:

- El estudio de viabilidad o reporte de la fase 1.
- El documento de diseño generado en la fase 2.
- Autorizaciones, especificaciones y otros documentos generados a lo largo del desarrollo del sistema.
- Diagramas de flujo.
- Descripción de archivos y registros.
- Muestras de documentos fuente.
- Instructivos y manuales de operación.
- Listados de compilación de los programas fuente.
- Muestras de reportes generados.
- Catálogos de claves.
- Diagramas de operación.
- Descripción de tarjetas de control necesarias.
- Otros elementos que sean pertinentes.

Esta documentación será la base para el entrenamiento del personal que se incluya en el manejo del sistema, así como la guía de consulta para los diferentes aspectos de proceso que se presenten durante la operación del sistema.

Paso 6. Autorización.

En este paso debe procederse a obtener las autorizaciones definitivas para la puesta en marcha del sistema. Esto puede lograrse mediante una presentación del sistema a los directivos involucrados y a la alta dirección. También puede lograrse a través del análisis de una comisión designada para ello, u obteniendo las autorizaciones individuales de los principales grupos de usuarios. Estas acciones pueden desembocar en tres opciones:

- Se autoriza el sistema. Por lo tanto, se procede a implantarlo.
- Se modifican o ajustan algunos aspectos, con lo cual se debe regresar a pasos anteriores para realizar los cambios correspondientes.
- Se rechaza el sistema. Esto puede significar el reinicio de otro proyecto o la suspensión definitiva del sistema en cuestión.

Es importante contar con esta autorización, ya que constituye un respaldo formal básico para el área de diseño de sistemas, respecto a la adecuación del sistema producido. Por otra parte, este paso permite seguir un orden y una documentación de actividades correctas.

Fase 4: implantación

Concluida la fase de construcción, contamos con un sistema terminado. Lo que sigue ahora es ponerlo en marcha, para lo cual se debe desarrollar la cuarta y última fase en serie de esta metodología, la etapa de implantación. En la figura 12.9 se muestra el diagrama correspondiente.

Paso 1. Preparación.

Antes de proceder propiamente a la implantación del sistema, deben realizarse diversas actividades preparatorias, para reunir los diversos elementos necesarios para la operación del sistema. Se prevén tres grupos de actividades:

Selección y entrenamiento de personal de operación. Este aspecto es fundamental para el éxito de un sistema. Las reglas y procedimientos sugeridos en materia de administración de recursos humanos deben observarse. Recuérdese que la operación de cualquier sistema depende del personal que participe.

Una vez seleccionado el personal idóneo, se le debe proporcionar capacitación y entrenamiento para que entiendan el sistema y sepan cómo operarlo. También deberá comprender su propio papel dentro del conjunto operativo del sistema.

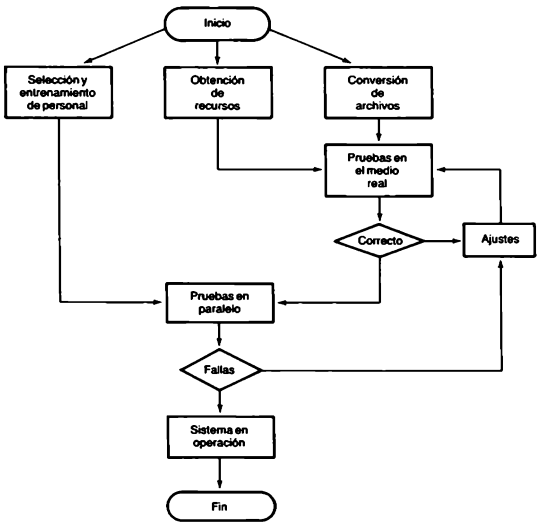


Figura 12.9. Pasos de la fase de implantación.

Obtención de recursos. Es necesario prever y asegurar la disponibilidad de los recursos que requiera el sistema. Algunos de los más relevantes son:

- Equipo de cómputo.
- Espacio físico.
- Equipo auxiliar.
- Mobiliario.
- Papelería y formas especiales.
- Líneas telefónicas.

Estos recursos deben haberse previsto en la fase de diseño; sin embargo, es aquí donde se programa su realización.

Conversión de archivos. Se requiere realizar la conversión de los archivos necesarios para que se operen con el nuevo sistema. En caso de que no existan archivos automatizados, éstos deben crearse.

En general, las aplicaciones administrativas giran alrededor de los archivos de datos de la organización. Por este motivo, el trabajo de generar los archivos con los que operará el sistema resulta de especial importancia, ya que normalmente no conviene (y a veces es imposible) eliminar los archivos existentes.

Los archivos deben ser compatibilizados en su formato, nombre y soporte, para que el nuevo sistema pueda utilizarlos. Esto muchas veces requiere una cantidad considerable de tiempo, esfuerzo y programación, sin mencionar las precauciones que deben tomarse para evitar disrupciones en el sistema antiguo.

Paso 2. Pruebas reales del sistema.

Es necesario realizar series de pruebas con datos reales para poder asegurar la confiabilidad y la adecuación del sistema. Generalmente éstas sirven en forma adicional para depurar y afinar algunos aspectos menores del sistema.

La realización de estas pruebas permite reducir los periodos requeridos por el paso 3 (pruebas en paralelo) y da la posibilidad de hacer ajustes y cambios sin interferir en el resto de la organización.

Paso 3. Pruebas en paralelo.

Esta prueba consiste en poner en marcha el nuevo sistema sin eliminar el sistema previo, es decir, mantener el sistema que hasta el momento se ha venido usando junto con el nuevo sistema. Esto permitirá una mejor integración y comprensión del sistema por parte del grupo que vaya a operarlo y de los que de alguna manera sean afectados con el desarrollo de los procesos que se realicen y la información que se obtenga.

Es importante considerar el costo derivado de esta prueba ya que durante su aplicación, se requerirán más recursos de los necesarios operando solamente un sistema. Debido a los costos, en ocasiones es conveniente realizar esta prueba por secciones. Desde luego que la decisión de llevar a cabo la prueba de esta manera debe comprender otros elementos además del factor económico, ya que en realidad se persigue observar a ambos sistemas operando simultánea e íntegramente. Sin embargo, es conveniente planear adecuadamente la prueba en paralelo, a fin de que dure el mínimo indispensable para obtener confianza en el nuevo sistema. La prueba en paralelo permite que el personal asignado a la operación del nuevo sistema informático, vaya familiarizándose con su funcionamiento, sintiendo que cuenta con el respaldo del sistema previo, hasta lograr una cabal identificación con el nuevo. También permite ir identificando puntos críticos en la operación, que pueden irse eliminando, o aspectos de producción de información no previstos. Las anomalías que se presentan en una prueba en paralelo son susceptibles de corregirse sin la presión ejercida por la necesidad de obtener resultados precisos y exactos de acuerdo con lo programado.

Cuando se considera que el nuevo sistema opera conforme a lo programado, es decir en concordancia con las necesidades de los tomadores de decisiones, es el momento de suspender el funcionamiento del viejo sistema con lo que finaliza la prueba en paralelo y entra en marcha el nuevo sistema.

Una ventaja importante de la prueba en paralelo, consiste en la posibilidad de mantener el sistema antiguo como respaldo para los casos en que el nuevos sistema tenga problemas mayores que hagan necesario regresar a etapas previas, o para las situaciones en las que el nuevo sistema falle en su operación.

Durante las pruebas en paralelo, es conveniente recabar información acerca de las posibles anomalías observadas por cada una de las personas que participan en el sistema, así como formar grupos a diferentes niveles que examinen la labor que desarrollan con el propósito de sugerir cambios en el funcionamiento del sistema, las cuales deben ser punto fundamental para iniciar nuevamente el ciclo de implantación de un nuevo sistema. Debemos partir de que los individuos que están en contacto cotidiano con alguna parte del sistema informático son los que mejor pueden opinar acerca de su funcionamiento.

Operación del sistema

Lo anterior constituye la base del diseño e implantación de sistemas y, aunque creemos haber tocado los puntos principales concernientes al análisis, diseño e implantación de los mismos, creemos prudente señalar un punto que es fundamental y que no hemos tocado: el respaldo de los sistemas de información.

Siempre que diseñamos un sistema es necesario preguntarnos qué sucederá cuando falle alguno de los elementos que participan en su funcionamiento. En este caso debemos prever qué tan importante es cada uno de los elementos que componen el sistema y en caso de que alguno de ellos no funcione, simplemente sustituirlo o trabajar un tiempo sin él hasta que pueda volver a incorporarse al sistema o sea reemplazado en sus funciones. Cuando un elemento sea imprescindible para el desempeño del sistema, debemos contar con un sustituto de dicho elemento para garantizar el buen funcionamiento total. Por ello se deben señalar todos los elementos indispensables en el funcionamiento de un sistema y determinar la forma en que serán reemplazados cuando fallen [23].

También es aconsejable estimar qué elementos son de poca importancia para la buena operación del sistema y cuánto tiempo podrán estar sin funcionar, a fin de pensar en un respaldo de acuerdo con su jerarquía.

El respaldo del sistema debe pensarse y estimarse en el momento que éste se diseñe de lo contrario, los problemas que se podrían presentar por falla, cuando el sistema estuviera en plena operación, serían muy graves para la organización.

Es sumamente importante asegurar la integridad y corrección de la información almacenada (tanto los datos, como los programas). Esto abarca as-

pectos muy complejos que van desde fallas de operación, problemas de equipo, accidentes, sabotajes, fraude, hasta cuestiones relativas a la eficiencia y conveniencia operativa de los métodos de protección y respaldo. A pesar de su importancia, la especialización de estas cuestiones nos obliga a remitir al lector interesado a obras sobre estos aspectos [2, 6, 7, 8, 9, 31, 37].

Otro aspecto operativo de gran trascendencia es el relacionado con el control de la calidad de la información. Aunque el diseño del sistema prevea los mecanismos y controles necesarios, la exactitud, corrección, tiempo de respuesta, etcétera, son problemas que dependen de la operación del sistema. En este aspecto es esencial el nivel de capacitación, la motivación y la orientación del personal de operación.

Por último cabe mencionar la conveniencia de que se prevean medios para recolectar estadísticas operativas del propio sistema, que nos permitan administrarlo en forma eficiente y detectar los posibles problemas que vayan generándose en la operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ackoff, R. L., *et al.*, *The Scatt Report*, University of Pennsylvania Press, Pensilvania, 1976.

[2] Becker, Robert S., *The Data Processing Security Game*, Pergamon Press, Nueva York, 1977.

[3] Bocchino, William A., *Sistemas de información para la administración*, Editorial Trillas, México, 1975.

[4] Brabb, George J., *Computadoras y sistemas de información en los negocios*, Interamericana, México, 1978.

[5] Bringham, John E. y Garth W. P. Davies, *A Handbook of Systems Analysis*, McMillan Press, Londres, 1978.

[6] Burch, John G. y Felix R. Strater, *Information Systems: Theory and Practice*, John Wiley, California, 1974.

[7] Clark, F. J., R. Gale y R. Gray, *Procedimientos informáticos en sistemas empresariales*, Prentice-Hall, Bogotá, 1973.

[8] Departament of the Air Force, USA. *Guía para la auditoría de sistemas automatizados de procesamiento de datos*, Herrero Hnos., México, 1971.

[9] Ditri, A. E., J. C. Shaw y W. Atkins, *Managing the EDP Function*, McGraw-Hill, Nueva York, 1971.

[10] Emery, James, *Sistemas de planeamiento y control en la empresa*, El Ateneo, Buenos Aires, 1972.

[11] Gordon, Geottrey, *System Simulation*, Prentice-Hall Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1969.

[12] Greenwood, William T., *Decision Theory and Information Systems*, South Western Publishing Co. Cincinnati, Ohio, 1969.

[13] Hare, Van Court Jr., *Systems Analysis a Diagnostic Approach*, Harcourt, Brace & Worlds Inc., Nueva York, 1967.

[14] Hartman, W. y H. Matthes, P., *Proeme Management Information Systems Handbook*, Mc. Graw-Hill, Nueva York, 1972.

[15] Hice, G. F., W. S. Turner y L. F. Cashwell, *System Development Methodology*, North-Holland, Amsterdam, 1974.

[16] Honeywell Inc., *Business Information Systems Analysis & Design, Study Reference Guide*, Wellesley Hills, Mass., 1968.

[17] Hunt, Roger y Shelley, John, *Computadoras y sentido común*, Prentice-Hall Internacional, Madrid, 1977.
[18] Johnson, Richard A., Kast, Fremont E. y Rosenweig, James E., *The Theory and Management of Systems*, International Student Editions, 2a. ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1967.
[19] Langefors, Börge, *Theoretical Analysis of Information Systems*, Studentlitteratur/ Auerbach, Suecia, 1973.
[20] Langefors, Börge y Kjell, Samuelson, *Information and Data in Systems*, Petrocelli, Nueva York, 1976.
[21] Lazzaro, Víctor, *Sistemas y procedimientos*, Diana, México, 1965.
[22] Lott, Richard W., *Basic Systems Analysis*, Canfield Press, San Francisco, California, 1971.
[23] Martin, James, *Design of Real-Time Computer Systems*, Prentice-Hall, Inc., Nueva York, 1967.
[24] Martino, R. L., *Sistemas de información para directivos de empresas*, Editorial Técnicas, S. A., México, 1970.
[25] Massy, W. F., Issues in the design of information systems, Graduate School of Business, Stanford University, *Research Paper* núm. 3, mayo 1971.
[26] McDonough, Adrian M. y Garrett, Leonard J., *Management Systems*, R. D. Irwin Inc., Homewood, Ill., 1965.
[27] McMillan, Claude y González, Richard F., *Systems Analysis: A Computer Approach to Decision Models*, R. D. Irwin, Inc., Homewood, Ills. 1968.
[28] McRae, T. W. (Dir.), *Management Information Systems*, Penguin Modern Management Readings, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.
[29] Molino, E., "Bases de datos: consideraciones en los países en desarrollo", *Revista de la UNESCO de Ciencias de la información, Bibliotecas y Archivos*, vol. 4, núm. 4, 1982, pág. 259.
[30] Murdick, Robert G. y Ross, Joel E., *Sistemas de información basados en computadoras*, Diana, México, 1974.
[31] Prince, Thomas R., *Information Systems for Management planning and Control*, R. D. Irwin Inc., Homewood, Ill., 1970.
[32] Ross, Joel E., *Management by information systems*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1970.
[33] Rivett, Patrick y Ackoff, Rusell L., *La investigación operativa en la empresa*, Sagitario, S. A., Barcelona, 1966.
[34] Routquerol, Max, *Ordinateur et décentralisation des décisions*, Entreprise Moderne D'édition, París, 1968.
[35] Salton, Gerard, *Dynamic Information and Library Processing*, Prentice-Hall, New Jersey, 1975.
[36] Schoderbek, Peter P., *Management*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, 1967.
[37] Shaw, John C. y William Atkins, *Managing Computer System Projects*, McGraw-Hill, Nueva York, 1970.
[38] Van Tassel, Dennie, *Program Style, Design, Efficiency, Debugging, and Testing*, Prentice-Hall, New Jersey, 1974.
[39] Yvon, P. J. y Semin, C., *Comment concevoir un systéme intégré de gestion*, Entreprise Moderne D'édition, París, 1970.
[40] Zani, William M., *Blueprint for MIS*, Harvard Business Preview, noviembre-diciembre, 1970, pág. 95.

13

La informática aplicada a los métodos matemáticos

Desde el punto de vista de su forma, podemos clasificar a la información como cualitativa (aquella que describe en forma literaria un fenómeno) o cuantitativa (aquella que lo describe en forma numérica). Ambas formas son importantes para las organizaciones.

La información cuantitativa describe los fenómenos en forma precisa, sintética y sin ambigüedades; además, es susceptible de manipulación mecánica. Por otro lado, generalmente debe obtenerse de un gran número de datos individuales, lo cual presenta algunas dificultades ya que no es evidente el significado de, por ejemplo, 1 000 datos de venta de 1 000 facturas correspondientes al año pasado. Lo que se requiere es un procedimiento para manejar esos datos y lograr resumirlos, sin perder su contenido informativo.

En este capítulo estudiamos únicamente en forma somera algunas técnicas relativas al manejo de información cuantitativa y las relacionamos con la informática. La intención es que el lector vea la importancia de ésta última en el desarrollo y aplicación de ciertos métodos matemáticos, al mismo tiempo que se esbozan las posibilidades que ofrecen los métodos matemáticos en apoyo de la informática.

El impulso dado a las matemáticas aplicadas hasta antes de la aparición de las computadoras electrónicas, si bien apreciable, tenía serios límites para solucionar cierto tipo de problemas; sobre todo en aquellos que, por su complejidad y tamaño, eran imprácticos de resolver.

Con el advenimiento de las computadoras ha sido posible establecer una liga entre éstas y ciertos métodos matemáticos. La informática participa en la elaboración de una serie de elementos que facilitan esta relación; en torno a esto, la informática ha impulsado el desarrollo de métodos matemáticos e incluso ha participado en el desarrollo de innovaciones tendientes a incrementar el potencial de las computadoras para la aplicación de esos métodos matemáticos.

En los campos de la estadística y la investigación de operaciones encontramos una extensa cantidad de problemas que, por la magnitud del volumen

de los datos y la cantidad de las variables o el número de restricciones con que se cuenta, serían casi imposibles de resolver sin el auxilio de las veloces computadoras.

Para aprovechar a las computadoras adecuadamente en la aplicación de ciertas técnicas matemáticas es necesario, además de entender el funcionamiento de unas y otras, saber cómo se establecerá el sistema de información que procesará los datos de un problema o modelo matemático por medio de la computadora.

Este sistema de información habrá de ser observado según los lineamientos generales de cualquier otro sistema de información, tal como lo hemos expuesto en capítulos anteriores. Lo relevante aquí es que el sistema se construirá y operará alrededor de un modelo matemático, aunque seguirán subsistiendo los tres elementos fundamentales que participan en la implantación de un sistema: *a*) el diseñador y constructor; *b*) el operador; y *c*) el usuario, todos estos elementos que son considerados por la informática para la elaboración de los sistemas de información.

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

La estadística descriptiva es la ciencia que estudia cómo resumir, interpretar y ordenar grandes masas de datos, a la vez que obtiene indicadores representativos de los mismos.

Esencialmente, podemos visualizar que la estadística descriptiva está dividida en tres partes: *a*) *distribución de frecuencia;* b) *medidas de tendencia central*; y c) *medidas de dispersión.*[1]

Distribuciones de frecuencia

Cuando se presentan datos en grandes volúmenes es necesario organizarlos para facilitar su análisis. Una forma conveniente de organizar los datos es ordenarlos por magnitud ascendente o descendente, formando un *arreglo*; por ejemplo, los números 3, 5, 2, 4, 7, 2, 5, 2, se pueden clasificar como un arreglo: 2, 2, 2, 3, 4, 5, 5, 7.

Cuando se tiene un arreglo como el anterior, en que uno o más números aparecen más de una vez, a las veces que aparece cada número le llamamos *frecuencia.*

Otra posibilidad es agrupar los datos en varios *grupos* o clases en una tabla de distribución de frecuencia; por ejemplo, la facturación realizada en los últimos tres meses por una organización podría quedar resumida como sigue:

[1] Algunos autores incluyen en la estadística descriptiva otros aspectos: correlación, regresión, etcétera. A pesar de que estamos de acuerdo con esto, en esta obra no se incluyen tales aspectos por la limitación de espacio. El lector interesado puede consultar las obras a que apuntan las siguientes referencias: [10, 21, 24, 34, 35 y 39].

Tabla 13.1. Ejemplo de una distribución de frecuencia.

Valor facturado (Pesos) Intervalos o límites de clase	*Número de facturas (frecuencia)*
0-1 000	30
1 001-2 000	98
2 001-3 000	153
3 001-4 000	225
4 001-5 000	114
5 001 o más	95

El número de clases en una distribución de frecuencia depende del número de valores que se tengan y de la información que se desee obtener. Generalmente se considera conveniente tener entre cinco y veinte clases, pues si se tienen menos es posible que se pierda información, y, si más, pueden tenerse muchas clases vacías.

Cada clase se define por un límite inferior y otro superior, los cuales establecen las fronteras de cada clase. La diferencia entre ambos límites define un *intervalo de clase*.

En algunas ocasiones los límites de clase establecidos no corresponden con los límites de clase verdaderos; esto es, entre el límite superior de una clase y el límite inferior de la siguiente hay un grupo de valores no clasificados; por ejemplo, la distribución de la tabla 13.1 tiene límites establecidos que dejan un blanco entre clases, por ejemplo, una factura con valor de $2 000.50. Los límites verdaderos estarían definidos por el punto medio de cada blanco.

Muchas veces es necesario representar a una clase para realizar análisis adicionales; para esto se utiliza el punto medio o *centro de clase* que se define como sigue:

$$\text{Centro de clase} = \frac{\text{Límite de clase superior} + \text{Límite de clase inferior}}{2}.$$

Por lo tanto, en la distribución de la tabla 13.1 el centro de la segunda clase será:

$$CC_2 = \frac{2\,000 + 1\,001}{2} = 1\,500.5.$$

Nótese que se obtiene el mismo resultado ya sea que se usen los límites establecidos o los reales.

La selección de los límites de clase tiene gran influencia sobre los resultados que se obtengan; sin embargo, no hay reglas definidas que ayuden en la determinación de una distribución de frecuencia. Únicamente pueden hacerse algunas sugerencias de índole general [34]:

- Debe tratarse que el punto medio de cada clase quede definido de tal modo que la mayor parte de los valores se concentren alrededor de él.
- Es conveniente que el punto medio sea un valor entero o un número simple, para facilitar las operaciones posteriores.
- Debe evitarse definir límites ambiguos, ya que éstos no establecen completamente a qué clase corresponde cualquier valor. (Por ejemplo, si los límites de la distribución de la tabla 13.1 se han definido 0-1 000, 1 000-2 000, 2 000-3 000, etcétera, no se sabe si una factura con valor de 2 000 pertenece a la segunda o a la tercera clase.)

En lo relativo al agrupamiento y presentación gráfica de los resultados, cuando el volumen de éstos sea relativamente pequeño, sin duda será posible realizar esto manualmente; sin embargo, conforme se incrementa el tamaño del volumen de los datos por procesar la labor manual empieza a complicarse y los errores aparecen con mayor frecuencia.

La utilización de la computadora para fines de clasificación de datos y su presentación gráfica tiende a ser cada vez más necesaria, conforme los volúmenes de datos tienden a crecer.

La computadora puede realizar con versatilidad las operaciones estadísticas antes descritas, permitiendo la elaboración de diferentes tipos de reportes a partir de diferentes y variadas clasificaciones y agrupaciones de los datos. Las técnicas estadísticas pueden incluso intercalarse con técnicas de otro tipo (como pueden ser la búsqueda de información, la reducción de incertidumbre, el análisis de decisiones, etcétera), con lo cual se logra abordar problemas de mayor complejidad.

Dado que las técnicas empleadas se sustentan en métodos *algoritmizados*,[2] entonces es posible programarlos para ser procesados por medio de la computadora, utilizando a la informática como vínculo para elaborar la metodología de proceso.

Medidas de tendencia central

Estas medidas representan el valor central de una distribución y se conocen también como *promedios*.

Existen cinco tipos generalmente conocidos: *media aritmética, mediana, modo, media geométrica* y *media armónica*.

Las dos últimas, por su carácter especializado, no serán descritas aquí.[3]

Media aritmética

Este promedio es el más usado; pueden distingurise varias formas de calcular la media:

[2] Véase *algoritmo* en el glosario de términos al final del texto.

[3] El lector interesado puede estudiarlas en cualquiera de los textos de estadística corrientes; por ejemplo los que apuntan las referencias [10, 21, 24 y 34].

Datos no agrupados. En este caso la media está definida como:

$$\text{media} = \frac{\text{suma de los valores}}{\text{número de valores}}.$$

o sea,

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n},$$

Donde: X = los valores de la variable X.
Σ = símbolo que indica "suma de"
n = número de valores
$\bar{X}$ = media de la variable X.

Datos agrupados. En este caso se tienen los datos resumidos en una tabla de distribución de frecuencia. La media queda definida como:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma f X}{n}.$$

Donde: X = centro de cada clase
f = frecuencia de cada clase
n = número total de valores (o suma de frecuencia; $n = \Sigma f$).

Mediana

La mediana es el valor del elemento central de un conjunto; en otra palabras, divide un conjunto de valores en dos partes con el mismo número de valores cada una. Existen diferentes casos para el cálculo de la mediana.

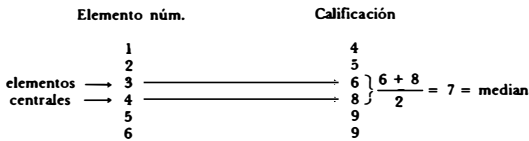
Datos no agrupados para número de valores impar. Se ordenan los datos en un arreglo y se toma como mediana el valor del elemento central.

Ejemplo: calcular la media de cinco calificaciones:

	Elemento núm.	Calificación	
	1	4	
	2	6	
Posición central →	3	7	→ mediana
	4	9	
	5	9	

Datos no agrupados para número de valores par. En este caso no existe una mediana verdadera; se supone un valor de la mediana igual al valor medio entre los dos elementos centrales de un arreglo.

Ejemplo: calcular la mediana de seis calificaciones:



Datos agrupados. En este caso puede calcularse la mediana por interpolación, mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Mediana} = L + \frac{\left(\frac{N}{2} - \Sigma f\right)c}{fm}$$

Donde:
- L = límite inferior real de la clase que contiene la mediana
- N = número total de valores en el conjunto
- Σf = suma de las frecuencias de todas las clases inferiores a la clase que contiene la mediana
- c = tamaño del intervalo de clase que contiene la mediana
- fm = frecuencia de la clase que contiene la mediana.

Ejemplo: calcular la mediana de estatura de un grupo de estudiantes de secundaria (tabla 13.2).

Tabla 13.2

Estaturas (en metros)	*Frecuencias*
1.18-1.26	3
1.27-1.35	5
1.36-1.44	9
1.45-1.53	12
1.54-1.62	5
1.63-1.71	4
1.72-1.80	2
	N = Total = 40

Al sumar las frecuencias de las primeras tres y primeras cuatro clases tenemos, respectivamente, 17 y 29; por tanto, la mediana estará en la cuarta clase, ya que la mediana es el valor entre los dos elementos centrales. Tenemos así,

$L = 1.445$ $\quad\quad$ $\Sigma f = 17$ o sea $(= 3 + 5 + 9)$
$N = 40$ $\quad\quad$ $fm = 12$
$c = 0.09$ o sea $(1.535 - 1.445)$,

lo cual da:

$$\text{Mediana} = 1.445 + \frac{\left(\frac{40}{2} - 17\right) \times 0.09}{12} = 1.468.$$

Modo

El modo se define como el valor que ocurre con la mayor frecuencia.[4] Puede no existir o, en algunos casos, puede no ser único; cuando se tienen datos agrupados el modo se calcula:

$$\text{Modo} = L + \frac{e_1}{e_1 + e_2} c.$$

Donde:
L = límite inferior real de la clase modal
e_1 = exceso de frecuencia de la clase modal en relación a la clase inferior
e_2 = exceso de frecuencia de la clase modal en relación a la clase superior
c = tamaño del intervalo modal.

Ejemplo: calcular el modo de las estaturas de la tabla 13.2. La clase modal obviamente es la cuarta; por tanto:

$L = 1.445$ $\quad\quad$ $e_2 = 12 - 5 = 7$
$e_1 = 12 - 9 = 3$ $\quad\quad$ $c = 0.09$

lo cual nos da:

$$\text{Modo} = 1.445 + \frac{3}{3 + 7} 0.009 = 1.472.$$

Comparación

La medida de tendencia central más utilizada es la media aritmética, por su facilidad de cálculo, porque usa todos los datos y por sus características; sin embargo, cuando los valores no se distribuyen simétricamente alrededor de la media se prefiere la mediana. En los casos en que la distribución es per-

[4] He aquí una definición más rigurosa: modo es el valor cuya frecuencia resulta mayor que las correspondientes a los valores adyacentes.

fectamente simétrica, la media, la mediana y el modo son iguales. El modo resulta conveniente cuando los valores se miden en una escala clasificatoria (o nominal); resulta muy sensible a la definición de los límites de clase.

Puede observarse que el cálculo de estas medidas de tendencia central puede hacerse con facilidad por medio de programas adecuados manejados por computadora. Estos procesos requieren fundamentalmente de agrupar y ordenar los datos; cuando el volumen de estos es cuantioso, la utilización de un algoritmo que efectúe estos procesos por computadora reditúa ventajas en la manipulación y tiempo destinado a éstos.

Sin duda, el cálculo y agrupación de los datos se basa en métodos de lógica por demás sencilla, lo cual hace que la elaboración de programas computarizados para calcular medidas de tendencia central sea relativamente fácil.

La posibilidad de contar con una computadora permite, además, realizar un análisis más amplio y completo de los datos ya que resulta viable explorar diversos indicadores y presentar los datos de múltiples maneras.

Medidas de dispersión

Para caracterizar una distribución no basta con conocer una medida de tendencia central sino que, además, es necesario conocer su dispersión y la forma de la distribución.

Las medidas de dispersión indican cuál es la variabilidad de los datos; en la tabla 13.3*a* se tiene una distribución de costos de producción para diferentes lotes de un artículo. En la tabla 13.3*b* se tienen los costos para lotes de otro artículo diferente.

Tabla 13.3a

Costo unitario	*Frecuencia*
20-24.95	10
25-29.95	20
30-34.95	40
35-39.95	20
40-44.95	10

Tabla 13.3b

Costo unitario	*Frecuencia*
15-19.95	5
20-24.95	10
25-29.95	20
30-34.95	30
35-39.95	20
40-44.95	10
45-49.95	5

En ambos casos el valor medio es el mismo; sin embargo las variaciones son más grandes y más frecuentes en el artículo de la tabla 13.3*b*.

Las medidas de dispersión más comunes son:[5] el rango y la desviación estándar.[6]

[5] El lector interesado puede consultar, para otras medidas de dispersión, cualquier libro de estadística de los que se incluyen en la bibliografía.

[6] La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza; por tanto, lo que se diga acerca de una es aplicable a la otra con una simple transformación, y por esta razón únicamente se menciona la desviación estándar.

Rango

El rango es la más simple de las medidas de dispersión. Se define como la diferencia entre el mayor y el menor de los números de un conjunto. En algunas ocasiones se expresa indicado el mayor y el menor número del conjunto; por ejemplo, en el caso de la tabla 13.3*a* el rango sería 24.95 ó 20 – 44.95.

Una de las desventajas del rango es su sensibilidad a los valores extremos y que no tiene en cuenta todos los valores del conjunto; resulta, por tanto, una medida muy cruda de la dispersión.

Desviación estándar

Se define como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n}}.$$

Donde:
- σ = desviación estándar
- x = valores individuales del conjunto de números
- $\bar{x}$ = media aritmética del conjunto de números
- n = número de números en el conjunto.

Cuando se tienen datos agrupados, la desviación estándar se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma f(x - \bar{x})^2}{n}}.$$

Donde:
- f = frecuencia de cada grupo
- n = número total de valores en el conjunto
- x = valor central de cada grupo

Cuando es pequeño el número de valores que hay en el conjunto (menor de 30) las fórmulas anteriores deben corregirse, usando el lugar de "n" el valor de "n – 1", lo cual dará una estimación más exacta de σ.

En cuanto a la participación de la computadora en el cálculo de las medidas de dispersión, podríamos decir algo similar a lo expuesto para las medidas de tendencia central. Además, dada la velocidad y versatilidad de esta máquina, es posible hacer una serie de juegos exploratorios con los métodos de proceso de las medidas de dispersión, como puede ser realizar cálculos parciales de la dispersión, localizaciones fragmentarias o insulares en una distribución de datos, configuraciones de ciertas regiones en la trayectoria de la gráfica definida por los datos, etcétera; sin duda que estas tareas con volúmenes considerables de datos serían poco conveniente de realizar manualmente.

MODELOS MATEMÁTICOS

En los últimos años se ha venido desarrollando un nuevo campo en la aplicación de las matemáticas a la preparación de las decisiones. Este nuevo campo, llamado por algunos *investigación de operaciones*, utiliza en esencia modelos matemáticos para facilitar y ayudar en la toma de decisiones.

Podemos dividir los modelos matemáticos en dos grupos:[7] de *optimización* y de *simulación*.

El juego de combinaciones exploratívas que es posible realizar con un modelo matemático es de suma importancia; con él es posible advertir ciertas situaciones deseables sobre la realidad que intenta representar el modelo, de manera que los resultados que se obtengan al manipularlo nos permita observar condiciones, en forma simbólica, que han sido evaluadas sin necesidad de experimentar en la práctica.

Conforme crece el número de variables y elementos que participan en la configuración de un modelo matemático se complica el trabajo explorativo, debido fundamentalmente al número de combinaciones que es posible evaluar. Esto sin duda nos obligaría a dejar de lado los modelos matemáticos y a dedicarnos a experimentar sobre la realidad misma, si no contáramos con un medio tan versátil y expedito para estos menesteres como es una computadora. Por ejemplo, los diferentes patrones que podrían presentarse en un emparrillado de 20×20 alcanza la cifra de 2^{400} o aproximadamente 10^{120} (cantidad que excede al número de átomos que hay en el universo que se conoce; el cual se estima que es de 10^{76} átomos) [42, pág. 14].

Para ser más explícitos, pensemos en un sistema que posee diez elementos que pueden ser relacionados entre sí. Si se cuenta con una computadora que puede analizar cada uno de los posibles patrones de enlace y si a la máquina cada ensayo le toma un milisegundo de tiempo (10^{-3} seg.), esta requeriría de aproximadamente una hora para abarcar la totalidad de los patrones posibles; si el número de elementos creciera a 15 entonces la misma computadora requeriría de 40 años de proceso continuo para realizar la tarea. La computadora es entonces indispensable, y puede aún ser insuficiente para resolver algunos tipos de problemas.

En particular, cuando se presentan problemas de tipo combinatorio es necesaria una integración armónica entre la velocidad y características de la computadora y un algoritmo eficiente de búsqueda.

Modelos de optimización

Estos modelos determinan el mejor punto de un sistema; esto es, establecen las condiciones necesarias para obtener un máximo o un mínimo. Un modelo clásico de optimización es el de la *programación lineal*.

[7] Aunque, hablando con rigor, al usar dinámicamente un modelo de optimización estamos simulando, esta división resulta útil para entender la filosofía de los diferentes modelos. En realidad se está usando el término "simulación" con el sentido restringido y específico que se le da en el ámbito de la técnica.

El modelo de programación lineal es útil cuando se debe maximizar o minimizar una función-objetivo[8] y considerar, además, las restricciones o limitaciones del sistema. Por ejemplo, si se tiene una fábrica de sillas y mesas y se sabe que cada silla produce una utilidad de $5.00, mientras que cada mesa produce $15.00, ¿cuántas sillas y cuántas mesas deben producirse a la semana para maximizar la utilidad, si se dispone únicamente de 50 obreros (2 000 horas-hombre por semana) y cada silla requiere de 5 horas-hombre, mientras que cada mesa reclama 10 y, además se sabe que no pueden venderse más de 100 mesas ni más de 300 sillas por semana? Matemáticamente este problema se expresa así:

Maximizar la función-objetivo:

$$F = 5S + 15M.$$

sujeta a las restricciones:

$$\begin{aligned} 5S + 10M &\leqslant 2\,000 \\ M &\leqslant 100 \\ S &\leqslant 300 \end{aligned}$$

Donde: S = número de sillas por semana
M = número de mesas por semana.

La solución puede verse en la figura 13.1. Nótese en la figura que el área sombreada indica la zona donde puede haber una solución sin violar las restricciones. Las líneas $F_1 - F_1$ y $F_2 - F_2$ son dos posibles representaciones de la función-objetivo; en vista de que nos interesa obtener un máximo para F, escogeremos como solución la línea más alejada de "0", que aún pase por un punto del área sombreada. Observamos, por tanto, que $F_2 - F_2$ toca el punto P del área sombreada y que P representa 100 mesas y 200 sillas, dando para F un valor de $2 500.00 que en estas condiciones es el más alto posible. Otros modelos de optimización son los que se refieren a las redes (Pert, CPM, método del transporte, modelo de asignación, etcétera), la programación dinámica, los modelos de inventarios, y otros.[9]

Este tipo de modelos permite analizar situaciones donde participan funciones lineales, con el propósito de asignar ciertos valores a las variables observadas, de manera que se intente una situación cercana al óptimo.

En muchas disciplinas se ha venido introduciendo la programación lineal como herramienta para la solución de problemas; ya que muchos de estos problemas requieren ser estructurados con un gran número de variables, su solución sólo es posible debido a que pueden ser procesados por medio de computadora.

[8] En programación lineal, una función-objetivo es una ecuación de primer orden que describe aquello que se desea optimizar (generalmente utilidades por maximizar o costos por minimizar).
[9] Para quien desee más información se recomienda [14, 18, 20, 29, 30 y 43].

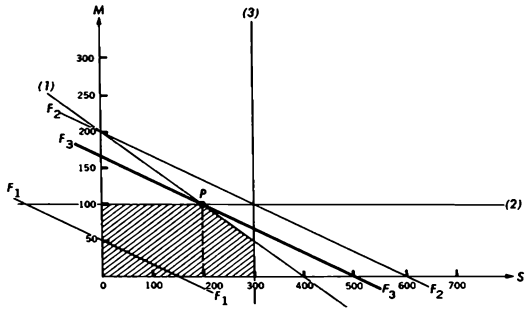


Figura 13.1

Es posible elaborar modelos de programación lineal para optimizar aspectos económicos de un país, el uso de recursos en un ejido, la capacidad de producción de una cuenca lechera, etcétera, y cada uno de estos problemas puede contener hasta miles de variables, de manera que aunque sea posible establecer un modelo de programación lineal que los represente, su solución sería impráctica y en muchos casos imposible, si no se contara con una herramienta de alta velocidad para realizar los procesos necesarios.

Modelos de simulación

Los modelos de simulación tienen como finalidad representar un sistema para poder predecir mejor su funcionamiento. A diferencia de los modelos de optimización, no pretenden llegar a la mejor solución existente, sino que representan un medio para que se determine experimentalmente cuáles son los posibles efectos de cada decisión; generalmente se utilizan cuando no es posible usar un modelo de optimización, pues, además de no garantizar un óptimo, resultan costosos por el tiempo de computadora que requieren.

Podemos observar a la simulación por computadora como una herramienta capaz de contender con modelos matemáticos que han de representar situaciones administrativas que ocurren en extensos periodos de tiempo, en condiciones aleatorias y dinámicas, que no admiten soluciones por métodos exclusivamente analíticos y que requieren modelos que no son susceptibles de algoritmizar.

Así, una definición de simulación es: "simulación, es una técnicanumérica para conducir experimentos en una computadora digital, los cuales requieren

ciertos tipos de modelos lógicos y matemáticos que describen el comportamiento de una organización o un sistema económico en periodos extensos de tiempo real" [23].

Un caso típico de simulación, que coincide con la definición anterior, son los juegos de gerencia. Éstos constituyen una situación ideal en la que se simula un ambiente administrativo, en donde participan varios jugadores que requieren, en turnos alternativos, tomar decisiones en su supuesta organización, las cuales afectarán las condiciones ambientales e influirán en las futuras decisiones de todos los competidores. La interacción entre las diferentes decisiones se coordina mediante ciertas reglas preestablecidas y que están contenidas en el programa de computadora que atiende el juego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ackoff, Russell L. y Rivett, Patrick, *A Manager's Guide to Operations Research*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1963.
[2] Ackoff, Russel L. y Sasieni, M. W., *Fundamentals of Operations Research*, Wiley International, Nueva York, 1968.
[3] Cordano, Giorgio, *La programmazione lineare nella practica aziendale*, Pirola, Milán, 1970.
[4] Churchman, West C., Ackoff, Russel L., Arnoff y Leonard E., *Introduction to Operation Research*, Wiley International, Nueva York, 1968.
[5] Dantzig, George B., *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey (4a. impresión corregida), 1968.
[6] Dinkel, John J., Kochenberger, Gary A. Plane y Donald R., *Administración científica*, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., México, 1980.
[7] Dorn, Williams y Greenberg, Herbert J., *Matemáticas y computación*, Limusa, 1976.
[8] Duckworth, Eric, *Guía para la investigación de operaciones*, CECSA, México, 1967.
[9] Gass, Saul I., *Linear Programming*, McGraw-Hill Book Co., International Student Edition, Nueva York, 3a. ed., 1969.
[10] Giardina, Basilio, *Manual de estadística*, CECSA, México, 1967.
[11] Gordon, Geoffrey, *System-simulation*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1969.
[12] Greenwood, William T., *Decision Theory and Information Systems*, South Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1969.
[13] Gruenberger, Fred, *Computing a Second Course*, Canfield Press, San Francisco, Calif., 1971.
[14] Hiller, Frederick y Liberman, Gerald J., *Operations Research*, Holden-Day, Inc., San Francisco, 1974.
[15] Ibarra, José, "Asignación de recursos, programación lineal y teoría económica", *Cuadernos del Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social*, Serie I, núm. 2 CEPAL/ILPES, Santiago de Chile, 1970.
[16] Kaufmann, Arnold, "La ciencia y el hombre de acción", *Biblioteca para el hombre actual*, núm. 22, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1967.
[17] Kaufmann, Arnold, *Métodos y modelos de la investigación de operación*, vol. I, CECSA, México, 1961.
[18] Kaufmann, Arnold, y Faure, R., *Invitación a la investigación de operaciones*, CECSA, 2a. ed., México, 1967.
[19] Martin, E. W. Sr., *Mathematics for Decision Making*, Irwin, Inc, Homewood, Ill.
[20] Mora, José Luis, *Investigación de operaciones e informática*, Editorial Trillas, 1981.
[21] Mills, Richard L., *Estadística para economía y administración*, McGraw Hill, Colombia, 1980.

[22] Müller, Norbert y colaboradores, *La información en la empresa*, Ediciones Rialp, S. R., Madrid, 1965.
[23] Nylor, Thomas H., Balintfy, Joseph L. Burdick y Donald S. Chu Kong, *Técnicas de simulación en computadoras*, Editorial Limusa, México, 1971.
[24] Neter John, Wasserman, William y Whitmore, A. G., *Fundamentos de estadística*, CECSA, México, 1975.
[25] Parson, James A., *The Use of Mathematics in Business*, Alexander Hamilton Institute, Nueva York, 1967.
[26] Price, Wilson T. y Miller, Merlin, *Elementos de matemáticas de proceso de datos*, CECSA, México, 1969.
[27] Rascón, Octavio, *Introducción a la estadística*, UNAM, México, 1969.
[28] Ruelfi, Timothy W., *Shadow Models: Extensions of Management Sciences*, Bureau of Business Research, University of Texas (mimeógrafo), Austin, 1971.
[29] Richmond, Samuel B., *Operations Research for Management Decisions*, Ronald Press Co., Nueva York, 1968.
[30] Sasieni Maurice; Yaspan Arthur y Friedman Lawrence, *Investigación de operaciones*, Editorial Limusa, México, 1967.
[31] Shamblin, James E. y Stevens, G. T., *Investigación de operaciones*, McGraw Hill, México, 1979.
[32] Schoderbek, Peter P., *Management Systems*, J. Wiley & Sons Inc., Nueva York, 1967.
[33] Seman, J., Serres, C. y Tessier, B., *L'ordinateur speculateur*, Collection la vie de l'entreprise, núm. 62. Dunod, 1970.
[34] Shao, Stephen P., *Estadística para economistas y administradores de empresas*, Herrero Hnos., S. A., México, 1967.
[35] Spiegel, Murray R., *Statistics*, Schaum Publishing Co., Nueva York, 1961.
[36] Torres, Fentanes José A. y Czitrom de Gerez Verónica, *Métodos para la solución de problemas con computadora digital*, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., México, 1980.
[37] Trajtenbrot, B. A., *Introducción a la teoría matemática de las computadoras y de la programación*, Siglo XXI Editores, 2a. ed., México, 1970.
[38] Trajtenbrot B. A., *Algoritmos y computadoras*, Limusa, México, 1973.
[39] Tuker, Howard G., *Probability and Mathematical Statistics*, Academic Press, Londres, 1965.
[40] Vajda, S., *Introducción a la programación lineal y a la teoría de juegos*, Cuadernos de Eudeba, núm. 96, EUDEBA, 2a. ed., Buenos Aires.
[41] Vajda, S., *Mathematical Programming*, Addison-Wesley Publishing Co. Inc., Reading, Mass, 1961.
[42] Van Court, Hare Jr., *Systems Analysis: A Diagnostic Approach*, Harcourt-Brace & World, Nueva York, 1967.
[43] Wagner, Harvey M., *Principles of Operations Research*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1969.
[44] Wildenberg, Detlef, *Computer Simulation in University Teaching*, North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 1980.

14

La informática y las organizaciones

En este capítulo estudiaremos las implicaciones estructurales de la informática en las organizaciones. Por estructura entendemos lo que en administración tradicionalmente se ha llamado "organización".[1] La estructuración de las organizaciones consiste en el agrupamiento de las actividadesnecesarias para lograr los objetivos y los planes, la asignación de esas actividades a departamentos adecuados, y la provisión para delegar la autoridad y la coordinación [22]. Esto se refiere a la llamada estructura formal, y ésta es la que principalmente trataremos en nuestro estudio, no sin antes señalar la gran importancia de la estructura informal, o sea aquella que se establece de una maneraespontánea o casual y que no sigue ningún lineamiento definido previamente.

La estructura que se establece para una organización depende del trabajo que se pretenda desarrollar y de los recursos, tanto físicos como materiales, disponibles. Con la introducción de las computadoras,[2] sin embargo, se realizan cambios en las actividades relacionadas con el manejo de información; por tanto se producirán cambios en los departamentos ligados con estas actividades. Desde este ángulo, generalmente es necesario introducir cambios en la estructura de toda la organización para adaptarla mejor a la nueva situación.

Casi siempre al aumentar el grado de mecanización se integra en una mayor medida el sistema de información. Esto permite que se centralice la autoridad y el control dentro de la organización; el problema reside entonces en definir cuál es el grado adecuado de centralización [39].

Es conveniente que al hablar de centralización,[3] dentro de este contexto, distingamos diferentes clases:

- Centralización de autoridad y control. Se refiere a la concentración del poder de decisión.

[1] Esta aclaración se debe a que podría haber confusión con el término "organización" entendido como empresa, institución, etcétera, y "organización" como función de la administración.

[2] Nótese que la computadora se menciona principalmente por su importancia; sin embargo, los mismos efectos, aunque en menor escala, pueden preverse con otros niveles de mecanización.

[3] Al hablar de centralización se sobreentiende que queda implícita la tendencia opuesta; o sea, la descentralización como opción.

- Centralización geográfica. Se refiere a la distribución física de las funciones de decisión y operación.
- Centralización de proceso. Se refiere a la distribución de las unidades de proceso de la información.

Lo anterior aclara el hecho de que una organización puede estar centralizada en un aspecto, pero descentralizada en otros.

El problema de la centralización de autoridad es más bien de índole administrativa, por lo que en esta obra no se estudia. El lector interesadopuede consultar cualquiera de los textos especializados [4, 15, 20, 22, 40].

En relación con la centralización geográfica, el problema se reduce a considerar las necesidades de la organización; algunas referencias al respecto son [1 y 4].

D. H. Sanders [36, pág. 272] describe las ventajas de la centralización y de la descentralización desde el punto de vista de proceso de datos para las organizaciones.

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Aunque en el pasado era difícil hablar en una descentralización desde el punto de vista del proceso en las organizaciones pequeñas y medianas (que son las que predominan en América Latina), hoy día la situación se torna diametralmente opuesta.

Apenas en la década de los setenta empezó a surgir la tecnología de las mini y microcomputadoras, lo cual trajo consigo no sólo el descenso en el costo del proceso, sino también la introducción de métodos asociados que han permitido subdividir en forma autónoma tanto el proceso como el uso de equipo en los sistemas de información.

Actualmente es posible justificar sistemas mecanizados para cada departamento o varios sistemas para diferentes departamentos. Además es posible estructurar los sistemas de información de manera que los diversos equipos instalados en diferentes departamentos se encuentren conectados entre sí para el envío y/o recepción de datos.

El concepto de centralizar el proceso ha sido cambiado totalmente; el propósito ahora es establecer "redes" de proceso distribuido para lograr un flujo de la información acorde con el sistema que se implante.

Además de los aspectos de costo, los sistemas de proceso distribuido presentan aspectos de interés como son: mayor control y comprensión por parte del usuario, más disponibilidad del sistema, mayor facilidad para control de información confidencial, mayor adecuación de las aplicaciones a las necesidades reales del usuario, y otros. Estas ventajas deben balancearse con una mayor dispersión del esfuerzo institucional en informática, potenciales problemas de normalización y de compatibilidad de los datos, duplicación innecesaria de esfuerzos, posibles gastos incontrolados, etcétera.

Cabría concluir que en el estado actual de la evolución tecnológica y con

las estructuras de costos imperantes, una solución adecuada sería el establecimiento de sistemas distribuidos. En este esquema se incorporan las ventajas de la centralización al contarse con una coordinación central de tipo técnico-normativa, con los aspectos más convenientes de la descentralización al tener el servicio operativo en el lugar en que éste se requiere.

El proceso distribuido ofrece una salida ecléctica y conveniente al dilema centralización-descentralización. Permite mejorar el servicio informático de la organización tanto a nivel local, según se indicó arriba, como a nivel global, al permitir la integración de información según se requiera a los diversos niveles.

El desarrollo y popularización de dispositivos de almacenamiento como los llamados *minidiscos* ha venido a dar un mayor impulso a los sistemas distribuidos, ya que con estos medios puede reducirse e incluso eliminarse la necesidad de líneas de comunicación que en nuestros países resultan caras, poco confiables y/o de difícil acceso. El precio que se debe pagar por un mayor tiempo para el traslado, generalmente es adecuado si se compara con lo que pueden ser los problemas de teleproceso.

Si bien podemos establecer sistemas autónomos de procesamiento de datos en los diferentes departamentos de una organización, éstos deberán ser coordinados mediante una serie de normas claramente expuestas; la supervisión de estas normas, el adecuado uso de los canales de información y de los mecanismos de proceso, así como las modificaciones, supresiones y cambios deberán recaer en un sector de la organización, el cual se denomina aquí "departamento de informática". (En otros textos o bibliografía sobre el tema podrán advertirse nombres diversos; lo importante es percibir la función que debe desempeñar esta área.[4]

La responsabilidad de la función informática en una organización debe, por lo tanto, asignarse a un área organizacional específica, aun cuando se distribuya la prestación operativa del servicio. En estas condiciones resulta importante definir la ubicación de esta función dentro de la organización, así como su estructura interna.

Ubicación dentro de la organización

Pueden presentarse tres opciones principales que se esquematizan en las figuras 14.1 *a*, *b* y *c*, cada una con sus respectivas ventajas y desventajas. La opción que se ilustra en la figura 14.1*a* se presenta en varias modalidades,[5] y es muy usada principalmente por motivos históricos, ya que tradicionalmente los departamentos de contabilidad fueron los primeros en visualizar las ventajas de la mecanización para trabajos repetitivos y voluminosos como son la elaboración de facturas, de nóminas, etcétera.

[4] [45] Nótese que cada organización emplea una denominación propia para referirse a este departamento (proceso de datos, mecanización, automatización, sistematización de datos, etcétera).

[5] Esto es, reportando directamente al responsable del área de finanzas o a algún departamento dependiente de éste (por ejemplo, contraloría).

Este tipo de ubicación aún se encuentra en algunas organizaciones de México aunque la tendencia es la desaparición de estos tipos de estructuras organizacionales.

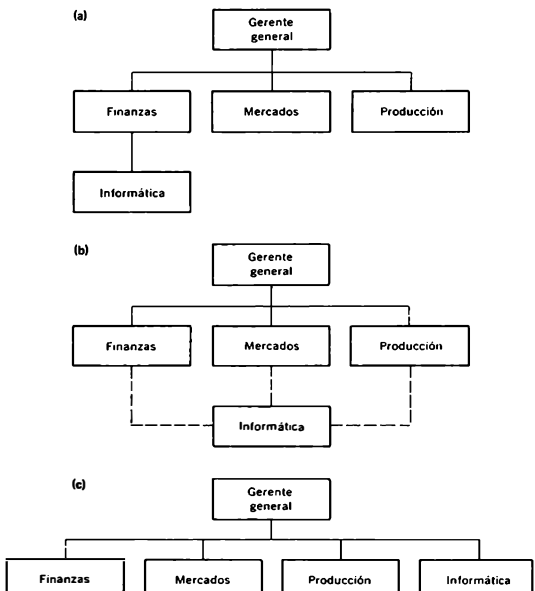


Figura 14.1

Tal ubicación es adecuada cuando el departamento de finanzas requiere la mayor parte del tiempo del equipo. Dado el tamaño de las organizaciones típicas en países como México, es poco probable que se presente esta situación; lo más común es que varios departamentos requieran los servicios del

equipo para poder mantenerlo ocupado. Además del inconveniente anterior, con esta ubicación se tiende a establecer prioridades y a dar preferencia al departamento de finanzas, en detrimento de los departamentos restantes; otro aspecto es la baja jerarquía del responsable del departamento de informática, lo cual tiende a dificultar un visión integral de la organización y a reducir la posibilidad de que dicho responsable tenga la influencia necesaria para llevar adelante un programa de importancia.

La ubicación que se representa en la figura 14.1*b* muestra una solución que podríamos llamar de "departamento de servicio"; con esto, se eliminan algunos de los inconvenientes de la opción anterior, pero el responsable de este departamento generalmente no cuenta con el poder necesario para enfrentar problemas de integración de los sistemas. Normalmente se trata a cada departamento-cliente como a una organización independiente de las demás obteniéndose un grado de integración muy restringido. Por otro lado, con esta modalidad se obtiene un aprovechamiento más racional del equipo y de otros recursos.

En la figura 14.1*c* se muestra la ubicación del departamento de informática como unidad independiente dentro de la estructura principal de la organización. La mayoría de los autores recomiendan esta solución [2, 7, 33, 36] como la mejor para obtener los beneficios máximos de un sistema de cómputo, especialmente en organizaciones medianas o grandes.

Esta opción es preferible si se piensa en un sistema distribuido, pues es la única que permite tener la posición, las perspectivas, la información y el poder necesario para dar coherencia al sistema de información a nivel institucional.

Tanto la segunda como la tercera opciones ofrecen la posibilidad de que la función informática se realice con autonomía y con criterios equilibrados en la atención de las necesidades de la organización.

Podría pensarse en una variante de la opción que se muestra en la figura 14.1*a*, si consideramos que la función informática, en sus aspectosoperativos, se asigna a cada área funcional en lo que a cada una de ellas compete. Sin embargo, esto no elimina la necesidad de una función de coordinación de estos servicios, lo cual puede realizarse utilizando el concepto de una función central normativa como se muestra en la figura 14.1*c*.

Obviamente, la ubicación específica dependerá de cada organización en particular, pudiéndose presentar otro tipo de soluciones;[6] por ejemplo, ubicar el departamento de informática en el área de producción o de administración.

Estructura interna

Un centro o departamento de informática se integra de funciones fundamentales (fig. 14.2): *a*) investigación y análisis; *b*) construcción e implemen-

[6] Otras posibles soluciones se han intentado en un número considerable de casos [44], pero no hay pruebas hasta la fecha, de que tengan ventajas particulares, sino que se deben principalmente a razones históricas o de operación particulares de cada organización.

tación; *c*) operación; *d*) estudio técnico; y *e*) coordinación general. Estas funciones se utilizan en cada caso según las particularidades de cada organización.

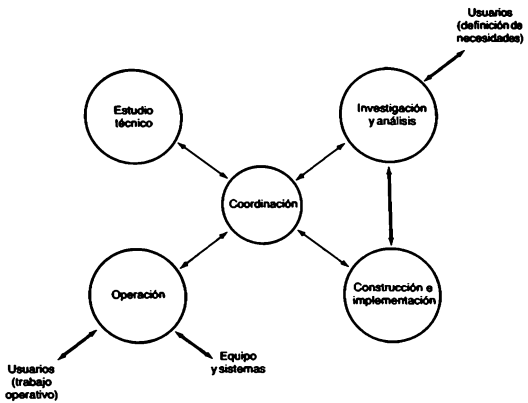


Figura 14.2. Funciones que conforman un departamento de informática.

Función de investigación y análisis

Esta función se encarga de establecer un puente entre las necesidades de los usuarios de los sitemas de información y el área de informática. Estudia e identifica las necesidades de información de otros departamentos; de acuerdo con esto, analiza y diseña los sistemas de información. Los problemas de los usuarios se aclaran y solucionan hasta donde es posible, mediante un proceso que proporcione elementos de información, que tienda a reducir la incertidumbre en la toma de decisiones o que genere en forma eficiente los elementos informativos requeridos por la organización para su subsistencia, como pueden ser las necesidades de información fiscal. En muchos casos esta función puede decentralizarse, aunque esta decisión no debe tomarse a la ligera. A nivel central es necesario mantener el control normativo.

Función de construcción e implantación

Ésta concreta los proyectos emanados del análisis y diseño efectuados por la función de investigación y análisis. Aquí se estructuran los procesos computarizados que resulten necesarios a nivel de programas de computadora, atendiendo a los algoritmos que de manera general han sido definidos en el diseño.

Esta función es la responsable de construir el sistema de información, incluyendo lo que convenga computarizar, ponerlo en operación y elaborar instructivos, manuales, formas y todo lo concerniente a su utilización y mantenimiento; todo esto en coordinación con los diseñadores. Muchas instituciones han descentralizado esta función, aun cuando una coordinación técnica central resulta indispensable.

Función de operación.

Esta función constituye el puente entre el equipo de cómputo y los usuarios y aportadores de información. Abarca la operación del equipo físico, con los programas adecuados a las transacciones que se procesen; para ello recibe de los usuarios los datos que han de utilizarse como entrada a los sistemas computarizados, realiza los procesos de control y de producción necesarios y distribuye los resultados obtenidos a los usuarios que lo requieren.

Para la recepción de datos y/o entrega de información, la función de operación requiere de una subfunción comúnmente denominada *mesa de control;* en ésta se registran ciertos atributos de los datos y documentos como son: número de transacciones, cantidades por ingresar y/o substraer, número de entidades por afectar, etcétera; estos atributos servirán para controlar los procesos que se realicen y la documentación correspondiente, con objeto de detectar los errores, fallas, omisiones y extravíos. Por medio de los mecanismos de la mesa de control, es posible asegurar la máxima confiabilidad en el manejo de la información. Su funcionamiento resulta uno de los puntos más críticos en la operación de un sistema automatizado. La función de operación puede descentralizarse para lo cual se utilizarán pequeños equipos adaptados a las necesidades de cada usuario. No obstante, debe mantenerse una coordinación central de estas actividades con objeto de asegurar tanto el uso óptimo de los recursos, como un nivel operativo uniforme y normas mínimas de servicio. También es importante la norma y supervisión central en cuanto a mantenimiento del equipo y de los sistemas.

Otro aspecto de esta función es administrar todos los recursos informativos de la organización; esto abarca archivos, programas y bases de datos.

Función técnica

Con esta función se revisa periódica y permanentemente el acervo de material técnico, tanto en materia de equipo como de software que pueda ser utilizado para mejorar la operación de los sistemas informáticos.

Esta función es la que, con su dictamen, deberá definir el equipo y el

software que habrán de ser instalados y la manera en que han de evolucionar.

También debe servir como apoyo a las demás en materia de problemas técnicos, capacitación, orientación y otros aspectos de carácter especializado, como reglamentación, telecomunicaciones, etcétera.

La evaluación de los servicios y de la eficiencia de operación de los recursos disponibles es uno de los aspectos importantes que debe contemplar esta función. Es importante que a través de ésta se conozcan los avances técnicos en informática y que se haga un esfuerzo consciente por optimizar la operación de los sistemas de información.

Coordinación general

La encargada de armonizar, coordinar e integrar los trabajos de las otras cuatro funciones es la coordinación general. Su responsabilidad será la de orientar y asegurar un eficiente servicio de informática. Obsérvese que la administración general de la función informática resulta un tanto especial, debido a que la labor de esta coordinación, en cuanto al objeto de trabajo y a su facultad normativa en materia de información, abarca a toda la organización; en cuanto al personal y los recursos por utilizar, delimita su propia frontera. Esto resulta particularmente crítico si el sistema de información se encuentra ampliamente distribuido, con una capacidad central muy limitada.

La coordinación, por tanto, atiende las necesidades de información de toda la organización deberá estar compenetrada de la capacidad con la cual el centro de informática podrá responder a los otros departamentos, tanto en lo que se refiere a la atención para el análisis y diseño de sistemas como a su construcción e implantación; habrá de observar las cargas de trabajo y las posibilidades de proceso con los recursos disponibles y reconocer las necesidades de expansión. Para ello tendrá en cuenta, por una parte, las demandas que establecen los problemas de tratamiento de datos y, por otra, las novedades que pueden incorporarse para lograr procesos e implantaciones más eficientes.

Otra labor básica que debe enfrentar la función de coordinación es la de coordinar y enlazar los procesos departamentales de acuerdo con sistemas que los integren de manera adecuada. Así, resulta que las funciones por desempeñar expuestas en la figura (14.2) siguen vigentes, aún en los casos de proceso con equipos autónomos. Nótese que se ha usado la palabra autonomía, y no independencia, debido a que es poco realista entender a los procesos de datos de un departamento como parte independiente de los otros que participan con éste en la definición de una organización.

La forma de implementar estas funciones depende de las características y necesidades de cada organización, del tamaño de ésta y de las políticas organizacionales.

ASPECTOS HUMANOS

Es evidente que la introducción de un sistema automatizado de tratamiento de la información en una organización traerá consigo repercusiones

en relación con el personal que en ella labora. Estas repercusiones pueden presentarse bajo muchas formas, pero la modalidad más evidente y más estudiada es la resistencia o el rechazo a la computadora [36]. Lo anterior puede deberse a diversos factores, y los más frecuentes son:

- El temor de los trabajadores a perder su empleo por la utilización de un sistema automatizado.
- El temor hacia la máquina. Generalmente, quienes no conocen una computadora se sienten abrumados ante ella. A menudo tal situación la provocan los técnicos (voluntaria o involuntariamente), por su terminología y la manera de expresarse acerca de la máquina.
- La resistencia al cambio o inercia burocrática. A nadie le gusta que se le modifiquen procedimientos conocidos perfectamente, con otros que se desconocen. Esta resistencia aumenta notablemente cuando no se solicita la colaboración del personal en la implantación del nuevo sistema.

Otro aspecto no menos importante, de índole moral, se deriva de que, en principio, la máquina debe estar al servicio del hombre y no a la inversa [21]. Desafortunadamente lo anterior se viola con cierta frecuencia en dos casos:

- Cuando se reduce al hombre a una simple pieza del sistema; por ejemplo, cuando se le relega a la condición de alimentador de la máquina, sin una posibilidad de participación activa.
- Cuando la máquina se utiliza en forma poco adecuada o se le instruye erróneamente. Un ejemplo real es el caso de un señor que por error de una computadora por poco se ve demandado debido a no pagar una cuenta ajena; o el caso de una persona a la cual una computadora hizo que durante un viaje se le perdiera su equipaje y se le cancelara su boleto de regreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ansoff, H. Igor, *Corporate Strategy*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1965.
[2] Arnold, Robert R., Hill, Harold C. y Nichols, Aylmer V., *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Editorial Limusa, México, 1971.
[3] Bocchino A. William, *Sistemas de información para la administración*, Editorial Trillas, México, 1975.
[4] Bozzola, Gian Battista, *Il sistema aziendale*, Etas Kompass, Milán, 1969.
[5] Brink Z. Victor, *Las computadoras y la administración*, Editorial Diana, México, 1973.
[6] Burck Gilbert y cols., "La era de la computadora", *Colección moderna*, núm. 125, Editorial Diana, México, 1969.
[7] Chorafas, D. N., *L'influence des ordinateurs sur la structure des entreprises*, Entreprise Moderne D'edition, París, 1964.
[8] Departament of the Air Force, USA, *Guía para la auditoría de sistemas automatizados de procesamiento de datos*, Herrero Hnos., México, 1971.

[9] Dickson, Gary W., *Control Systems for Information Systems Development Projects*, University of Minnesota, School fo Business Administration (mimeógrafo), 1970.
[10] Dirección de Estudios Administrativos, *El programa mexicano de reforma administrativa en materia de informática*, Secretaría de la Presidencia, México, 1972.
[11] Elliott C. Orville y Wasley S. Robert, *Business Information Processing Systems*, Richard D. Irwing, Illinois, 1969.
[12] Emery, F. F. (Dir.), *Systems Thinking*, Penguin Modern Management Readings, Penguin Books, Ltd., Middlesex, 1969.
[13] Emery, James C., *Organizational Planning and Control Systems*, The McMillan Co., Collier-McMillan, Londres, 1969.
[14] Fernández Arena, José Antonio, *El proceso administrativo*, Herrero Hnos., México, 1972.
[15] Fernández Arena, José A., *Introducción a la administración*, UNAM, México, 1972.
[16] Greenwood William T., *Teoría de decisiones y sistemas de información*, Editorial Trillas, México, 1978.
[17] Gruenberger, Fred, *Computing-A Second Course*, Canfield Press, San Francisco, Calif., 1971.
[18] Hugo, Hemmer Héctor, *Entendamos el procesamiento de datos*, Editorial Diana, México, 1975.
[19] Hunt, Roger y Shelley, John, *Computadoras y sentido común*, Prentice-Hall, Madrid, 1977.
[20] Hutchinson, John G., *Organizaciones, teoría y conceptos clásicos*, CECSA, México, 1970.
[21] Kaufmann, Arnold, *Los cuadros y la revolución informática*, Editorial Hispano-Europea, Barcelona, 1970.
[22] Koonz, Harold y O'Donnell, Cyril, *Principles of Management International Student Edition*, 4a. ed., McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1968.
[23] Laden, H. N. y Gildersleeve, T. R., *Diseño de sistemas de computación*, Editorial Limusa, México, 1971.
[24] Lamberton, D. M. (Dir.), *Economics of Information and Knowledge*, Penguin Modern Economics Readings, Penguin Books, Ltd., Middlesex, 1971.
[25] Lazzaro, Víctor, *Sistemas y procedimientos*, Editorial Diana, México, 1965.
[26] Martino R. L., *Sistemas de información para directivos de empresas*, Editora Técnica, S. A., México, 1970.
[27] McKinsey & Co. Inc., *Abriendo el potencial de utilidad de la computadora*.
[28] McRae T. W. (Dir.), *Management Information Systems*, Penguin Modern Mangement Readings, Penguin Books, Ltd., Middlesex, 1971.
[29] Metzger
[30] Murdick, Roger G, y Ross, Joel E., *Sistemas de información basados en computadoras*, Editorial Diana, México, 1977.
[31] Murdick, Robert G. y Ross, Joel E., *Information Systems for Modern Management*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1971.
[32] Naville, Pierre, "¿Hacia el automatismo social?" *Colección Popular*, núm. 68, Fondo de Cultura Económica, México, 1965.
[33] Prince, Thomas R., *Information Systems for Managemet, Planning and Control*, (ed. revisada), Richard D. Irwin Inc., Homewood, Ill., 1970.
[34] Ross, Joel E., *Management by Information Systems*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1970.
[35] Rouquerol, Max, *Ordinateur et décentralisation des décisions*, Entreprise Moderne D'édition, París, 1968.
[36] Sanders, Donald H., *Computers and Management*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1970.
[37] Schoderbek, Peter P., *Managemente Systems*, J. Wiley & Sons Inc., Nueva York, 1967.
[38] Schwartz, M. H., *A Planning System for Management Information Systems*, University of Minnesota, School of Business Administration, (mimeógrafo), 1970.

[39] Sisson, Roger L. y Canning, Richard G., *Información por computadoras*, Editorial Limusa, México, 1969.
[40] Terry, George R., *Principios de administración*, (nueva edición), CECSA, México, 1971.
[41] Yvon, P. J. y Semin, C., *Comment concevoir un sistéme intégré d egestion*, Entreprise Moderne D'édition, París, 1970.
[42] Varios autores, *Algunos aspectos de la aplicación del procesamiento electrónico de datos en la empresa mexicana*, Trabajo recepcional, (Seminario de investigación). Facultad de Comercio y Administración, UNAM, 1971.
[43] ·····, *Diagnóstico de la función de informática en el sector privado de México*, Trabajo recepcional. (Seminario de investigación), Facultad de Comercio y Administración, UNAM y CONACYT, Editorial Trillas, México, 1973.

15

Cibernética e informática

Desde mediados de siglo se ha dejado sentir cada vez con mayor agudeza la necesidad de mejorar la dirección en las organizaciones; esto ha dado lugar a que el hombre realice búsquedas con objeto de encontrar medios que le ayuden a tal fin. En esta búsqueda surge la cibernética que, sin duda, ha venido a mejorar el entendimiento de la labor de la dirección. En 1948 el doctor Wiener [24] planteó las ideas que han servido de base para el desarrollo de la cibernética como ciencia.

En el desarrollo de la cibernética han intervenido innumerables disciplinas, entre las que destacan la termodinámica, la teoría estadística de transmisión de la información, la teoría de la regulación automática, la economía, la matemática, la teoría de juegos, la teoría de la optimización, la genética y la teoría de los reflejos.

La computadora electrónica, también llamada máquina cibernética, ha venido a desempeñar una función de primordial importancia dentro de la cibernética, y ha permitido nuevas formas de manejo de información y de los sistemas de dirección.

La cibernética se define como: "ciencia que trata de los principios generales de dirección y de su aplicación en las máquinas, las sociedades y los organismos vivos," [12].

Tiene por objeto controlar los sistemas dinámicos complejos. Un sistema dinámico de dirección, considerado desde el punto de vista de los procesos que en él se llevan a cabo, se denomina *sistema de control* [2].

SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control constan de dos subsistemas: *el rector* y *el regido*. El rector es el que actúa sobre los parámetros del sistema regido con el propósito de llevarlo de un estado inicial a uno nuevo; tiende a llevar al sistema que maneja o regido hacia una dirección determinada.

Decimos que la dirección es *definida* o *determinada* cuando se conocen las variables que intervienen en la transición del regido, de un estado a otro. Por ejemplo, en el lanzamiento de un cohete al espacio, se trata de conocer la mayor cantidad de variables que afectarán la trayectoria del vehículo con objeto de prever y controlar su afectación en el momento del lanzamiento y del vuelo; en este caso hablamos de un sistema de dirección definida ya que se conocen las variables que afectan al sistema para pasar de un estado a otro.

Cuando se desconocen, o se conocen parcialmente estasvariables, decimos que la dirección es indefinida o indeterminada.

En el caso de una dirección definida, el sistema de control trata de mantener las variables críticas en un nivel deseado; cuando el control se establece mediante un mecanismo autorregulador, decimos que el sistema es un homeóstato.[1]

Una característica de los mecanismos de control naturales es que son generalmente homeóstatos.

Dirección

A. V. Jramoi [12] considera que esta fase está dividida en tres campos fundamentales:

- La dirección de los sistemas de máquina.
- La dirección de la actividad organizada de las comunidades humanas.
- La dirección de los procesos que ocurren en los organismos vivos.

Nuestro estudio se centra en los dos primeros puntos, con especial énfasis en el segundo. Es necesario aclarar, para seguir adelante, que la cibernética sólo analiza los diferentes procesos que señalamos arriba, desde el punto de vista del mecanismo de dirección, sin tener en cuenta aspectos económicos, sociológicos, estéticos o de cualquier otro género que no estén relacionados con la definición de esta ciencia.

La dirección se realiza con base en la recepción, registro, almacenamiento, proceso, elaboración y transmisión de la información de un sistema dinámico y su relación con el medio exterior; es decir, necesita analizar todos los puntos que establecen el camino a través del que se manejará el proceso sobre los datos recolectados. Este proceso nos brindará la información que servirá para indicar el sentido de la dirección.[17]

"La dirección (fig. 15.1) comienza reuniendo información acerca de la marcha del proceso por dirigir (este proceso de dirección será realizado por el sistema de control o rector sobre el sistema dirigido o regido); a esta información se le da la forma adecuada para transmitirla por la red de comunicaciones y va a parar al sistema rector. Con ayuda de determinadas reglas o posibilidades, el sistema rector transforma la información obtenida, de acuerdo con las

[1] Un homeóstato es un dispositivo de control para mantener una variable dentro de los límites deseados.[1]

tareas que le han sido planteadas. Como resultado se establecen las órdenes de dirección, y estas últimas se transmiten a los mecanismos u órganos realizadores que, al actuar sobre los parámetros del sistema regido, modifican su estado."[2]

Podemos hacer fácilmente una relación concreta del proceso de dirección, tomando como ejemplo el control de una organización.

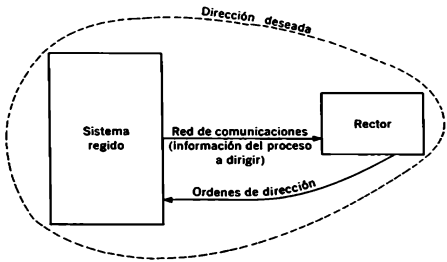


Figura 15.1

SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES

Cuando se desee medir el grado de organización de un sistema, bastará con calcular la cantidad de información que es necesario suministrarle para transformarla de una situación caótica inicial a un estado organizado final.

Para lograr tal transformación es necesario determinar la organización requerida antes de llevar a cabo cualquier otra actividad.

Al plantear una organización urge considerar dos factores fundamentales:

- Los elementos que deben intervenir en la organización.[3]
- El sistema de información que debe establecerse.

El primer punto considera todos los elementos que ayudarán a lograr las metas fijadas. La selección de los elementos debe realizarse de acuerdo con las tareas que han de desempeñarse para que la dirección de la organización llegue a los objetivos planteados.

El segundo punto es determinado por:

[2] Ver Referencias bibliográficas [12 pág. 15].
[3] Implica el objetivo de dicha organización.

a) El tipo de relaciones que deben establecerse entre los elementos seleccionados.
b) Los canales y medios que se utilizarán para transmitir la información.

Debemos notar que las relaciones que se establecen entre los elementos de una organización se consideran desde el ángulo de la información que se maneja entre ellos.

El sistema de información interrelaciona a los elementos de la organización, y el enfoque que debe dársele a dicho sistema es el que permita sentir a todos los elementos de la organización que la dirección está encaminada hacia el objetivo fijado por todos los integrantes.

Cuando algunos miembros de la organización no comparten los logros o errores de ésta, hablamos de una organización enajenada. En este caso el sistema de información obedecerá a las exigencias del grupo de elementos que controle la organización o sistema y la dirección quedará determinada en última instancia por los intereses de este núcleo.

Señalamos dos formas que pueden crear obstáculos en la organización a través de los sistemas de información, que impiden al sistema rector seguir la dirección planteada:

a) Cuando un elemento no recibe la información adecuada para proceder con la misma efectividad que los otros. En este caso el elemento citado será un agente que retardará el movimiento ascendente y dinámico de la organización.
b) Cuando un elemento no envía la información debida para el logro del objetivo fijado a los otros elementos de la organización. Aquí se tiende no sólo a reducir la dinámica del grupo organizado, sino también a causar *entropía*.[4]

Nótese que en los puntos anteriores no definimos cuál es la causa de que puedan acontecer algunas de estas circunstancias de obstaculización, pero se observa claramente que sólo pueden ser de dos tipos:

a) Que el sistema de información no resulte adecuado para los fines de la organización.
b) Que exista negligencia y/o mal funcionamiento de los elementos que integran la organización.

Por ejemplo, los sistemas burocráticos de información a menudo son altamente redundantes o también, por la misma *variedad*,[5] tienden a ganar en entropía, debido a que están mal diseñados y no pueden mantener una buena eficiencia. Aunque manejan un gran volumen de datos, esto no significa que

[4] Cantidad de energía que, debido a la degradación del sistema, no puede aprovecharse. También puede considerarse como una medida del grado de desorden o degradación de un sistema [24].
[5] Vocablo convenientemente descriptivo para el número de elementos distintos del sistema. A mayor variedad, más incertidumbre se tendrá respecto a éste [1].

se están volviendo más ricos en información, porque no añaden nada nuevo a su estructura; por el contrario, están perdiendo información al volverse cada vez menos eficientes.

La máquina cibernética en las organizaciones

Si consideramos a la máquina cibernética dentro de la organización, todo el sistema de información que se maneja dentro de la organización debe considerarse abierto,[6] ya que de otra manera se caería en un estado estático que llevaría al fracaso rotundo.

En una organización el proceso industrial requiere mecanismos que deben ser controlados a base de programas manejados por el hombre y/o por una máquina cibernética a través de un adecuado sistema de información.

Hace apenas unos decenios era solamente el hombre el que controlaba los procesos industriales por medio de un sistema de información manejado por grupos de oficinistas que realizaban las funciones necesarias, a fin de brindar la información para la toma de decisiones. Hoy día la computadora viene a auxiliar al hombre en el control de la organización, permitiéndole identificar más claramente la dirección que debe tomar ésta. La máquina cibernética logra su objetivo al auxiliar al hombre en el manejo de los sistemas de información en las organizaciones. A su vez, esta máquina permite desplazar enormes volúmenes de personas que laboran en actividades de tipo rutinario en las que sus vidas se consumen sin trascendencia alguna.

TEORÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO

En esta sección se examinan las repercusiones de la información que se obtiene a través de un proceso, sobre el control de una organización. Debido a que hablar de control puede prestarse a confusiones o a interpretaciones diversas, es importante definir el control (para lo que se refiere a esta sección) como una supervisión de las actividades planeadas; o sea el estudio y utilización de los resultados obtenidos en relación con el logro de los objetivos prefijados.[7]

De lo anterior puede deducirse que el control está íntimamente ligado con la toma de decisiones. Se vio en el capítulo I que toda decisión consta de cuatro fases: *a*) definición de objetivos, *b*) información, *c*) previsión y, *d*) evaluación, que constituyen un ciclo de retroalimentación cuya función

[6] Cuando el transformado obtenido de una transformación dentro del sistema no incluye ninguna cosa nueva, sino que más bien corresponde al reacomodo de objetos que ya se encuentran allí, obviamente se trata de un sistema cerrado.

[7] Obviamente también es de gran trascendencia otro de los aspectos: el control de procedimientos (control interno, controles administrativos y de los datos) que permitan obtener información de alta calidad del proceso; sin embargo, no se incluyen estos puntos en la obra pues están fuera de sus objetivos.

básica es permitir comparaciones entre los objetivos y los resultados obtenidos. Con objeto de que estas comparaciones sean efectivas deben definirse los objetivos según criterios estructurados de acuerdo con una serie de jerarquías, algunas de las más importantes son:[8]

- *Jerarquía de abstracción.* Los criterios pueden ir desde un nivel de abstracción elevado (bello, leal, adecuado) hasta un nivel concreto con mayor énfasis en aspectos cuantitativos (kilogramos, unidades producidas, longitud), pasando por un nivel intermedio (productividad, rendimiento, ausentismo).
- *Jerarquía organizacional.* Los criterios deben ir de un nivel general (asociado con la dirección de la organización) a niveles más específicos y detallados (asociados con los puestos operativos), siendo de vital importancia la consistencia entre todos ellos. Es importante, además, que los criterios que se utilizan en las diferentes áreas dentro de cada nivel sean compatibles con el criterio más general.
- *Jerarquía de tiempo.* Es evidente que al definir objetivos nos enfrentamos con una previsión de los criterios que deberán usarse en el futuro.
- *Jerarquía ambiental.* Este aspecto muy importante es uno de los más difíciles de estudiar, ya que trata de enfocar los factores que requieren cambio o adaptación para que la empresa continúe sobreviviendo. El resultado de lo anterior puede resumirse en la figura 15.2 [14].

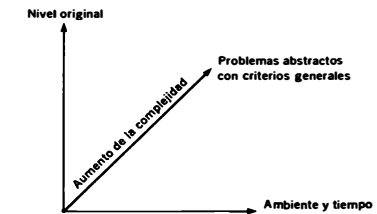


Figura 15.2

CONTROL AUTOMÁTICO

En este inciso se analiza la teoría que pretende explicar cómo se establecen las comparaciones entre objetivos y resultados, qué acciones pueden tomarse y cuáles son los efectos en futuros resultados.

[8] McDonough y Garrett [14] describen un sistema completo de jerarquías para los objetivos de una organización. En este libro, a manera de guía general, se han resumido los más importantes.

Comenzaremos por definir una organización como un sistema (fig.15.3) en el cual se tienen entradas (capital, organización, métodos, equipo, personas, influencias del exterior, etcétera) y salidas (resultados como son: cantidad y calidad del producto, demanda del producto, rentabilidad del capital y satisfacción del personal).

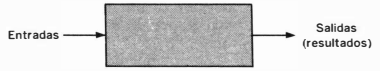


Figura 15.3

Existen dos formas esencialmente diferentes para controlar los resultados obtenidos: el *control anticipatorio* y *el control cibernético.*

Control anticipatorio

En esta modalidad se definen las entradas que se requieren para alcanzar los resultados deseados. La característica de esta modalidad de control es que no existe una retroalimentación propiamente dicha, sino que se prevén los resultados posibles y se ajusta el sistema para que se alcancen los objetivos.

Un ejemplo de esta modalidad de control se puede observar en el control de inventarios. En este caso se define un objetivo de mínimo costo con una probabilidad dada de rotura de los inventarios,[9] se calculan los costos que intervienen y se estiman las demandas. Posteriormente se determinan el tamaño óptimo del pedido y el punto de reorden, de modo que se tenga la probabilidad prefijada de rotura con el mínimo costo.

Nótese que aquí no se calculan los costos efectivos de mantener el inventario ni se mide la probabilidad de rotura, sino que se suponen definidos para el punto de reorden y el tamaño de pedido fijados. Una de las principales desventajas de esta modalidad de control es el hecho de que pueden modificarse las condiciones previstas en los cálculos (registrarse variaciones de los costos del espacio del almacén o variaciones permanentes en la demanda); esto hará que los objetivos no sean alcanzados.[10]

Por lo anterior, en los casos en que se utiliza esta modalidad de control se introduce una retroalimentación ocasional que permita verificar el funcionamiento del sistema. Así, en el caso del control de inventarios mencionado

[9] Se conoce con la expresión de "rotura de inventaribs" el hecho de que se agoten las existencias o se requiera mayor contidad de mercancía de la que hay disponible en un momento dado.

[10] Otra desventaja del control anticipatorio en las organizaciones es la dificultad que presentan la mayoría de los problemas para ser analizados y definidos con la precisión suficiente; por lo mismo, pocas veces es posible definir las condiciones necesarias para obtener los resultados deseados.

antes, periódicamente se revisan los diferentes factores y se calculan los costos y las roturas, de modo que puedan ajustarse el punto de reorden o el tamaño de la orden para las condiciones prevalecientes.

Esta modalidad es útil en muchos casos, principalmente porque la función de control se simplifica notablemente, pues basta con seguir las reglas definidas para controlar los resultados.

Control cibernético (homeostasis)

La esencia de esta modalidad de control es la retroalimentación. En este caso el sistema controlado (organización o departamento de la organización) está sujeto a una serie dinámica de acciones[7], como se puede ver en la figura 15.4.

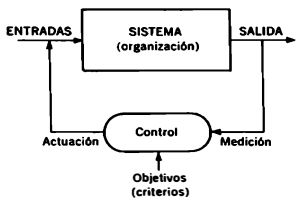


Figura 15.4

El principio en que se basa esta modalidad es simple: se miden los resultados obtenidos y se comparan con los criterios de decisión; como resultado de esta comparación se actúa sobre las entradas, tratando de que los resultados se mantengan lo más cerca posible del objetivo. La gran ventaja de esta modalidad es que aun cuando se desconocen los detalles de los procesos que lleva a cabo el sistema, es posible mantener los resultados dentro de un rango predefinido.[11]

Sin embargo, en las aplicaciones reales intervienen retrasos que complican este esquema simple, por lo que el sistema de control se vuelve más complejo.

Retrasos

Los retrasos que intervienen son debidos a varios factores:

[11] Se considera en este caso que el sistema puede ser una "caja negra"; o sea, algo que modifica las entradas en alguna forma y que obtiene resultados en función de las mismas entradas.

Resistencia del propio sistema (inercia)

Cualquier sistema que se encuentre operando en una condición dada presenta una resistencia a ser modificado, la cual se puede llamar inercia del sistema y es una fuerza que se opone a cualquier modificación de un estado estacionario. Este tipo de resistencia al cambio generalmente es una característica del sistema y no puede ser alterada en un plazo corto.[12]

Este tipo de retraso se observa principlamente en los casos de alteración de objetivos en reajustes del sistema a cambios ambientales. Así, por ejemplo, cuando una empresa requiere aumentar su volumen de ventas por medio de un nuevo producto, se observará un periodo en el que los vendedores se ajustan al nuevo producto, la fábrica comienza a producir, se alistan almacenes para materia prima, etcétera. Todo ello frena, en cierta forma, la obtención de los resultados deseados y crea un estado de transición entre la situación anterior y la nueva. En el tiempo que dura tal estado de transición debe tenerse gran cuidado al evaluar los resultados, pues se trata de una situación particular en la que los objetivos previstos solamente pueden servir como referencia y no como puntos de comparación.

Velocidad del proceso

Obviamente el tiempo que transcurre entre la entrada y la salida depende del proceso que se realice, y tendrá una influencia muy importante en relación con el tiempo en que se puedan observar los resultados. En este caso también se observa que, generalmente, el retraso debido a este factor es una característica del sitema y, más específicamente, del proceso que realiza y de las entradas de que éste dispone.

En los casos en que la duración del proceso sea muy grande (lo cual dificultaría el control) es posible romper el proceso en varias etapas y establecer controles parciales para cada etapa. Por ejemplo, si queremos obtener una producción de 20 000 unidades mensuales, el proceso completo durará un mes, al cabo del cual podremos observar cuánto se produjo. Es evidente que al final del mes, al darnos cuenta de que obtuvieron únicamente 10 000 unidades, ya será imposible tomar una actuación correctora; en este caso es posible dividir el proceso en semanas o en días para que las acciones correctivas todavía sean eficaces.

Retrasos de medición

Estos retrasos son atribuibles al proceso de observación y registro de resultados, así como a la transmisión de esta información al órgano de control. Generalmente es posible reducirlos a un mínimo mediante mejores sistemas y equipos.

[12] Nótese que el concepto de plazo corto que se usa en este punto es bastante elástico; con él se pretende indicar el tiempo en el que no es posible cambiar la estructura del sistema ni los procedimientos del mismo.

Como ejemplo de lo anterior puede mencionarse el uso de los costos de mano de obra. Si se tiene como objetivo mantener los costos de mano de obra directa en un nivel inferior al 40% de los gastos directos, es necesario que se disponga de la medición de cuánto costó la mano de obra, en un tiempo relativamente corto. El plazo que se requiera para tener esta información dependerá de cómo se mida el tiempo empleado por cada obrero, cómo se registran esos tiempos y cómo se analizan y reportan. Gran parte de lo que se estudia en esta obra se refiere a la reducción a un mínimo de estos retrasos que sea económicamente justificable.

Retrasos en el control

Las funciones del control son: comparar y ordenar acciones. Es claro que si la comparación con los objetivos y el ordenar una acción se realizan en un tiempo extenso, cuando el sistema reciba la acción escogida puede ser ya muy tarde para que ésta resulte útil. En la actualidad se tiende a integrar la medición y el control como funciones de equipos automáticos los cuales pueden llegar, en algunos casos, a realizar la actuación decidida, consiguiéndose con esto (dada la velocidad de las computadoras) reducir a un tiempo mínimo todo el ciclo de retroalimentación.

Retrasos en la actuación

Una vez que se llega a una resolución es necesario llevarla a cabo por medio de una actuación definida (generalmente por una orden). El tiempo necesario para trasmitir esta orden y para que sea ejecutada es muy variable y depende del tipo del mandato, del método usado para transmitirlo, del proceso que debe seguir, etcétera.

En resumen, los retrasos que pueden presentarse en el ciclo de control quedan clasificados como sigue:

- Retrasos
  - Relativos al sistema
    - Inercia
    - Velocidad del proceso
  - Relativos a la retroalimentación
    - Medición
    - Control
    - Actuación

FACTORES DE DESEQUILIBRIO

Como se observó, una de las principales ventajas del control cibernético es poder asegurar que los resultados obtenidos sean aceptablemente cercanos

al objetivo. Existen, sin embargo, factores que tienden a desviar los resultados del objetivo propuesto; estos factores son de tres tipos: *cambios de carga, variación de objetivos* y *factores externos.*

Cambios de carga

Se refieren a variaciones de las condiciones de entrada o de salida que no hayan sido determinadas por el sistema de control (por ejemplo, una variación en la calidad o el precio de una materia prima). Esto modificará los resultados que se obtengan y probablemente requiera de una acción por parte del control para restablecer los resultados deseados.

Variación de objetivos

En esencia, el resultado es el mismo que en un cambio de carga; la diferencia está en que la variación de los objetivos es un reajuste o una retroalimentación de un sistema mayor. Por ejemplo, si aumenta la demanda de un producto deberán reajustarse los objetivos de producción para satisfacer mejor los objetivos de la empresa en su conjunto (en el supuesto de que uno de ellos fuera maximizar las ventas). Como se dijo anteriormente, el resultado neto es igual al que se tiene con un cambio de carga, o sea, un desbalance del sistema y un reajuste al nuevo equilibrio.[13] Estos factores pueden definirse independientemente de los resultados obtenidos y se pueden prever y controlar.[14]

Factores externos

Son aquellas variaciones que afectan al sistema sin ser parte de las entradas o salidas del mismo. Se incluyen entre otros:

- Factores climáticos.
- Aspectos legales.
- Situación económica.
- Situación política.

Debido a la amplia variedad de estos factores y a la multiplicidad de efectos que tiene en una organización, su estudio es muy complejo y excede a las pretensiones de esta obra.

[13] Entiéndase por equilibrio la situación en la que los resultados están dentro del rango aceptable de desviación respecto de los objetivos; o sea, cuando el control toma la decisión de no hacer nada.

[14] De hecho, estas variaciones se definen como resultado de una actividad superior del hombre, y le permiten a éste expresar su criterio y libertad de acción.

MODOS DE CONTROL HOMEOSTÁTICO

Hasta aquí se han descrito algunos aspectos del control automático; en este inciso estudiaremos los diferentes modos de resolver estos problemas. Se estudiará, por tanto, cómo pueden realizarse correcciones con relación a las desviaciones observadas.

Se pueden mencionar los siguientes modos de control en las organizaciones [4].

De dos posiciones

En este modo de control, al observarse una desviación se decide entre dos posibilidades extremas. Por ejemplo, en un problema de control de inventarios, en un momento dado, puede comprarse una cantidad de material o no comprarse nada.[15]

Proporcional (modulante)

En el control proporcional se varía la acción correctora (a mayor desviación mayor corrección). Lo anterior se realiza en un rango llamado *banda proporcional*, dentro del cual las correcciones son proporcionales a las desviaciones y en cuyos límites se tienen los valores extremos de las correcciones posibles. Podemos, por tanto, definir la banda proporcional como el rango de valores de los resultados necesario para variar las correcciones entre el mínimo y el máximo posibles.

El concepto de banda proporcional es importante pues define la sensibilidad del sistema de control.[16] Debe notarse que una alta sensibilidad no siempre es conveniente. La sensibilidad debe definirse de acuerdo con los retrasos previstos tanto del sistema como de la retroalimentación. Generalmente un sistema con retrasos pequeños podrá tener un control más sensible, mientras que en un sistema con retrasos considerables únicamente podrá usarse un control poco sensible.[17]

DISCUSIÓN

En este punto trataremos de recapitular lo visto hasta aquí. Los diferentes tipos de control descritos son:

[15] Obviamente, en la gran mayoría de los casos, comprar material continuamente resulta antieconómico, por lo que se selecciona el control de las posiciones mediante el cual sólo compramos, al llegar a un nivel dado, una cantidad específica de material.

[16] Una banda proporcional grande implica poca sensibilidad, pues se requieren desviaciones grandes para producir correcciones pequeñas; una banda proporcional pequeña, por el contrario, implica alta sensibilidad.

[17] Esto se explica si consideramos un sistema con un retraso muy grande (una gran empresa, por

- Anticipatorio
- Cibernético
  - Dos posiciones
  - Proporcional

Cada tipo de control tiene características propias que lo convierten en preferible, dependiendo de factores como:

- Complejidad del proceso.
- Retrasos.
- Factores de desequilibrio.

El control anticipatorio es conveniente en donde el proceso (o el sistema) está bien definido y en donde un mecanismo de control efectivo podría resultar muy complejo o costoso. Los retrasos no afectan este tipo de control que es especialmente sensible a los factores de desequilibrio, y en particular a los factores externos, ya que éstos pueden afectar los resultados sin que nos demos cuenta. Por esto, generalmente este tipo de control sólo puede usarse complementando con una revisión periódica por medio de un ciclo de retroalimentación.

El control cibernético es conveniente en situaciones en las que no se conocen con precisión las interrelaciones del proceso realizado por el sistema o en procesos complejos. Por su naturaleza, este tipo de control compensa las variaciones debidas a los factores de desequilibrio, pero es afectado por los retrasos del ciclo de control. Así, es necesario seleccionar uno de los dos modos de control de escritos, dependiendo de los retrasos.

El control de dos posiciones es útil en procesos con retrasos pequeños y con sistemas poco sensibles a las correcciones[18] o cuando las acciones correctivas no pueden tomarse en forma continua.

El control proporcional es conveniente con cualquier tipo de retraso y con sistemas muy sensibles, tanto como con sistemas poco sensibles a las correcciones; sin embargo, precisa que la corrección pueda realizarse en variaciones continuas y que la banda proporcional se ajuste en forma adecuada, además de requerir mayor atención que el control de dos posiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ashby, Ross, *An Introduction to Cybernetics* Chapman & Hall Ltd., Londres, 1971.
[2] Beer, Stafford, *Cibernética y administración*, CECSA, México, 1963.

---

ejemplo). Si el control de este sistema es muy sensible significa que al detectarse variaciones muy pequeñas en los resultados se deberían tomar acciones correctivas muy importantes, con lo que se desajustarán los resultados posteriores aún más (aunque en sentido inverso) que la desviación actual. Esto produciría oscilaciones inadmisibles en los resultados medios.

[18] Un sistema poco sensible es el que requiere de una corrección muy grande durante mucho tiempo para modificar poco los resultados.

[3] Buffa, Elwood S., *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, Richard D. Irwin Inc., Homewood, Ill., 1968.
[4] Considine, Douglas M., *Process Instruments and Controls Handbook*, McGraw-Hill Book Co., Inc., Nueva York, 1957.
[5] Emery, F. E. (Dir.), *Systems Thinking*, Penguin Modern Management Readings, Penguin Book Ltd., Middlesex, 1969.
[6] Fernández Arena, José A., *El proceso administrativo*, Herrero Hnos., México, 1972.
[7] Greniewski, Henryk, *Cibernética sin matemáticas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1978.
[8] Honeywell, S. A. de C. V., *Principios básicos de control*, Boletín núm. M95-1.
[9] Honeywell, S. A. de C. V., *Teoría de control automático*, Boletín núm. M95-2.
[10] Honeywell, S. A. de C. V., *Control automático*, Boletín núm. M95-3.
[11] Johnson, Richard A., Kast, Fremont y Rosenzweig, James E., *The Theory and Management of Systems, International Student Edition*, (2a. ed.), McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1967.
[12] Jramoi, A. V. y colaboradores, *Introducción e historia de la cibernética*, Grijalbo, México, 1969.
[13] Koontz, Harold y O'Donnell, Cyril, *Principles of Management, International Student Edition*, (4a. ed.), McGraw Hill Book Co., Nueva York, 1968.
[14] McDonough, Adrian M. y Garrett, Leonard J., *Management Systems*, R. D. Irwin, Inc., Homewood, Ill., 1965.
[15] Naville, Pierre, "¿Hacia el automatismo social?", *Colección Popular*, núm. 68.
[16] Pékelis, V., *Pequeña enciclopedia de la gran cibernética*, Edit. Mir., Moscú, 1977.
[17] Pozo Navarro, Fernando del, *La dirección por sistemas*, Limusa, México, 1976.
[18] Reisbeck, Gordon, *Information Theory*, M. I. T. Cambridge, Mass., 1963.
[19] Schoderbek, Peter, *Management Systems*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, 1967.
[20] Scientific American, *Mathematical Thinking in Behavioral Sciences*, W. H. Freeman & Co., San Francisco, Calif., 1968.
[21] Singh, Jagjit, *Teoria del 'informazione-inguaggio e cibernética*, E. S. T., A Mondadori, Ed., Milán, 1969.
[22] Travers, M. W. Robert, *Man's Informations System*, Chandler Publishing Company, Pennsylvania, 1970.
[23] UNAM, Varios Autores, *Mentes y máquinas*, México, 1970.
[24] Wiener, Norbert, *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and in the Machine*, (2a. ed.), The MIT Press, Cambridge, Mass., 1961.
[25] Varios autores, "Comunication", *Scientific American*, vol. 227, núm. 3, septiembre 1972.

16

Repercusiones sociales del uso de la computadora

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Se habla ya de la sociedad posindustrial respaldada por los grandes sistemas automatizados y hacia la cual, a juicio de algunos autores, vamos encaminándonos paulatinamente. Actualmente existen proyectos para crear zonas totalmente automatizadas y realizar el control de éstas mediante una serie de computadoras electrónicas.

Sin duda alguna, la cibernética permite que se presente esta situación; a su vez se admite que, potencialmente, éste será un elemento de apoyo para operar cambios sustanciales en las relaciones sociales de trabajo.

Pensemos, por ejemplo, en la educación, sobre la que existen proyectos en pleno desarrollo que estiman una transformación total de su estructura, que deberá ser diseñada pensando en la máquina electrónica como un medio fundamental.

Los profesores, así como las bibliotecas, podrán ser sustituidos, en su función informativa, por computadoras conectadas con una vasta red de terminales. Durante el aprendizaje programado, el alumno, al usar una terminal, es guiado paso a paso; la computadora podría entonces hacer las veces de maestro. Este tipo de educación puede complementarse con preguntas que permitan al alumno autoevaluarse y, en caso de no contestar adecuadamente, la máquina le indicará la manera de obtener información o preparación para que elabore una respuesta aceptable. Aunado a esto, podría reforzarse la preparación del sujeto con ayudas audiovisuales a través de la televisión, coloquios y conferencias, prácticas de campo y la tutoría periódica de especialistas en cada materia.

En lo que toca a la medicina, es posible concebir dispositivos magnéticos, en línea con la computadora, que almacenen la información de enfermedades y padecimientos, clasificada de tal manera que al auscultar a un paciente con dispositivos analógicos conectados a la máquina electrónica, ésta analice en minutos el estado y características físicas de aquél para emitir un diagnóstico de sus posibles enfermedades, así como el tratamiento más recomendable.

En caso de que se requiera la computadora podrá proporcionar la bibliografía más reciente sobre tal enfermedad y, aún más brindar una completa información sobre cualquier padecimiento conocido.

Debemos destacar que nos hemos referido al hecho de que la computadora será capaz de diagnosticar cualquier tipo de enfermedad conocida, más eficientemente que ningún médico —tal cosa es ya evidente—, pero ese diagnóstico sólo será a nivel sintomático excluyendo, desde luego, el aspecto psicosomático; es decir, resultaría osado creer que en un futuro inmediato se podrá, por medio de una computadora, en todo tipo de enfermedad, no sólo conocer ésta (el efecto), sino incluso los factores que la produjeron (la causa). En este terreno es difícil que el médico sea desplazado en corto tiempo.

Pero vayamos más allá y pensemos en el uso de terminales en los hogares, tan normal como el uso de teléfonos hoy día; desde una terminal en casa, poder recabar información de todo tipo: empleos, cursos, artículos domésticos; además, poder llevar a cabo, desde la misma terminal, actividades que actualmente requieren intermediarios: reservación de pasajes, adquisición de bienes de consumo, compras en general. Es muy probable que el dinero convencional en monedas y papel, desaparezca o sea poco usado, que los ingresos que cada individuo vaya obteniendo sean asignados a un banco, donde se represente, en puntos, sobre un archivo magnético, la cantidad en efectivo que éste posea. Cuando una persona quiera realizar un pago utilizará una tarjeta de identificación; ésta, leída por una terminal, actualizará el saldo correspondiente, desde cualquier punto de la Tierra, en unos cuantos segundos.

Si aunamos al desarrollo de la automatización el de los trasportes, la electrónica, las fuentes de energía, las comunicaciones y las ciencias en general, es evidente que podremos ver, aunque en forma subjetiva, el nuevo mundo, construido a través de la ciencia y la tecnología, [26] paso final a la era del dominio del hombre sobre la naturaleza.

Estamos en el umbral de esa etapa que anuncia la panacea universal; claro que esto sería cierto si pensáramos que el adelanto tecnológico puede traer por sí mismo el bienestar social, pero los autores de este libro pensamos que el adelanto técnico es un factor que puede considerarse necesario aunque no suficiente, y que urge tener en cuenta otro factor fundamental: el social, que nada tiene que ver con el desarrollo de la tecnología.

En última instancia, mientras las relaciones económicas de trabajo no cambien y los medios de producción sigan perteneciendo a una minoría, no podremos hablar de cambios cualitativos, ni pensar que al desarrollarse la sociedad posindustrial habremos eliminado la enajenación y las relaciones coercitivas de trabajo que aún imperan.

No obstante, es cierto que en una sociedad posindustrial habrá mejores posibilidades de obtener una conciencia real de nuestra posición política y de objetivizar los factores que afectan e impiden que nuestras potencialidades sean manifestadas en el transcurso de nuestra existencia.

MacLuhan [14] señala que "el proceso de recepción y aprovechamiento de la información es uno de adaptación a las casualidades del medio exterior y de nuestro esfuerzo por vivir bien informado en ese ambiente".

La información viene a construir una fuerza propulsora que permite

conocer y manejar más adecuadamente la naturaleza y tener un mejor dominio de ésta. Señala N. Winer [28]: "El científico tiende continuamente a descubrir el orden y la organización del universo y participa en el juego contra el adversario pérfido e insidioso personificado por la desorganización. En este "juego" dramático, su aliado es también la máquina cibernética que, gracias a su capacidad de reunir información y de tomar decisiones, puede crear zonas locales de organización en ese universo que como totalidad tiende a degradarse." Es decir, pensar que a través de una teoría que considere el universo como un sistema estático se podrá hacer objetiva la realidad que nos rodea, resulta a todas luces un pensamiento inexacto de esta realidad. La computadora electrónica participa en la búsqueda de un orden, ayuda a descubrir leyes universales y a predecir acontecimientos, pero de ninguna manera se debe pensar que la máquina podrá organizar el universo o evitar la entropía que permite la supervivencia de la materia viva, ya que este planteamiento sería absurdo. Lo más que podemos esperar es usar la cibernética para aprovechar en forma óptima la energía circundante.

ASPECTOS ECONÓMICOS

La Revolución Industrial se caracterizó por el desarrollo de la máquina-herramienta, la cual vino a sustituir la fuerza del hombre y esto sin duda alguna, influyó directamente sobre las estructuras socioeconómicas de entonces y apoyó en forma decidida a un sector de la población económicamente fuerte: la burguesía [13].

La sociedad burguesa "en el apogeo de su desarrollo se halla ahora en los umbrales de nuevas posibilidades; en su seno se están desarrollando nuevas fuerzas productoras que por primera vez en su historia nos acercan a la civilización de la abundancia, a la posibilidad de una repartición diferente a la de otras épocas. Pero en su polo opuesto se concentran las poderosas fuerzas de dominación que tienden a preservar el trabajo deshumanizado, la gestión enajenada, la propiedad privada de los medios de producción, el abuso de la técnica, las formas caducas de una organización social que no está en condiciones de dominar sus propias creaciones" [25]. En este terreno de contradicciones surge la computadora que, al igual que la máquina-herramienta, viene a sustituir al hombre, pero ya no en el trabajo físico, viene a reemplazarlo en aquello que éste ha considerado siempre como su más noble actividad, aquella en la que cree ser irremplazable, en funciones que hace apenas unos años correspondían al intelecto humano: la computadora es capaz de tomar decisiones.

El desarrollo social no queda entonces sujeto a las limitaciones psicofisiológicas del hombre quien tiene, así, la posibilidad máxima de enviar o recibir una información que es mejorada por la computadora, en forma tal, que lo que un hombre tarda un minuto en recibir o trasmitir, la máquina lo hace sólo en milésimas de segundo. Pecujlic [22] ha escrito: "Se juzga que en todas las bibliotecas del mundo existen alrededor de mil billones de carac-

teres; pero existen computadoras electrónicas que son capaces de almacenar un billón de signos y que pueden responder al ritmo de la conversación." Kahn y J. Wiener, en su obra *Año 2 000*, [11] pronostican la aplicación general de los mecanismos automáticos y de la cibernética en el área de la religión y la producción, así como en bancos, hogares, despachos y tiendas; también hablan del empleo de robots y máquinas al servicio del hombre.

La máquina computadora no sólo influirá directamente en la producción, sino que tendrá consecuencias de más fondo. La máquina cibernética viene a constituir el fundamento para una estructura social completamente nueva, que invita a cambios cualitativos en las relaciones de producción y en las capacidades humanas.

La computadora electrónica ha venido a reforzar posiciones respecto a la visión del desarrollo social; son tres las tendencias que en forma general pueden observarse: el tecnocratismo, postura que declara la técnica como un fin en sí misma y no considera error el hecho de que el timón de la sociedad quede en manos de los propietarios de las máquina [22]; esta visión es parcial, ya que antepone a la revolución integral una revolución de carácter científico-tecnológico [9]. Esto no es más que sustituir el progreso social por el progreso técnico. El doctor Korac (1969) señala: "Quien piensa que la computadora puede crear por sí misma un modelo social de porvenir para todo el mundo, ha olvidado una cosa a fin de que tal idea pudiera parecer perfecta, y esa cosa de nada es que centenares de millones de hombres en el mundo aún viven en condiciones prehistóricas; que cada año, según datos de las Naciones Unidas, decenas de millones de hombres aún padecen hambre o mueren a causa de ella. Por consiguiente, la idea de una sociedad posindustrial, a partir de la computadora, igual que la idea planetaria que busca la dicha de los hombres en el cosmos, aunque el planeta del hombre todavía está muy lejos de ella, no es más que un vana ilusión de los poderosos y ricos, según los cuales todos han de estar satisfechos, por el hecho de que ellos lo están."

Los filósofos del siglo XIX pensaron que con la innovación de los medios de producción, como son las máquinas-herramienta, se llegaría a la sobreproducción y al abatimiento de las jornadas laborales en forma drástica, brindando a todo individuo un mayor tiempo libre.[1] Pero esto no es así, debido a que las máquinas no son de todos y no todo mundo puede decidir que hacer con ellas; solamente los propietarios, en función de su propio beneficio y no en el de la sociedad, determinan en última instancia la forma en que deben ser usadas.

Una segunda visión, ficticia, señala que la computadora es un mal que traerá graves consecuencias; se afirma que el hombre quedará relegado y será manejado por robots o androides; que el desarrollo de la máquina computadora deshumanizará al hombre y lo sustituirá en sus faenas laborales. Esta es una posición tan conservadora como la que más, pues estima que el pro-

[1] Fernández de Cohen, Julieta, *Psicología del tiempo libre*, Editorial Ciencia Internacional, México, 1971.

blema está en la máquina y no en las relaciones de trabajo, donde realmente está imbricada.

Un tercer enfoque, progresista, establece que en torno a la computadora existe la posibilidad de crear nuevos sistemas de trabajo (hoy día existen fábricas manejadas completamente por una computadora, sin necesidad de mano de obra directa). Esta posición estima a la máquina cibernética no sólo por su potencial en sí, sino por su forma y posibilidad de utilización por parte del hombre [22]. Esta visión optimista no estima a la computadora, y en general a la técnica, como fundamento que pueda crear una estructura social, pero supone para ella un papel muy importante en el devenir de la sociedad. La máquina computadora surge como un posible instrumento de cambio; permite eliminar la división que existe entre trabajo físico y trabajo intelectual; puede evitar la participación del obrero como complemento de la máquina-herramienta, invitándolo a adoptar una posición realmente gestora. Claro que la máquina cibernética por sí misma no hará el milagro, ya que la forma de utilizar la técnica material depende de la estructura social. Las dos posiciones anteriores ignoran este aspecto.

Actualmente, a través de las innovaciones tecnológicas (en especial de la computación electrónica), se ha logrado ya una sobreproducción económica, que algunos países aprovechan para satisfacer los intereses muy particulares de élites. "Baste observar que el presupuesto anual que los Estados Unidos destina para la guerra serviría para dar de comer, durante algunos años, tres veces al día, a toda la población mundial."[2]

Lo importante es usar los productos del desarrollo tecnológico, como la computadora, en beneficio de todos; para tal fin, urge que todos los pueblos de la Tierra adquieran un mismo nivel de desarrollo. Las sociedades de los países altamente industrializados se encuentran muy lejos de las condiciones naturales de existencia de muchas otras sociedades (estas diferencias se han establecido por diferentes causas que no vamos a analizar aquí), desnivel que, a su vez, ha creado una relación de dependencia de los países menos evolucionados hacia los industrializados, dependencia que se manifiesta de muchos modos; entre ellos, el aspecto tecnológico [16, 17 y 18].

LA COMPUTACIÓN EN LATINOAMÉRICA

Los pueblos latinoamericanos, entre otros, dependen tecnológicamente de otros países más evolucionados industrialmente, y esta relación viene a reforzar una dependencia económica que ayuda a aumentar el abismo que existe entre unos y otros.

El avance logrado por los países menos evolucionados en este campo no se compara con el de los países altamente industrializados; mientras en 1970 los Estados Unidos contaban con 70 000 computadoras instaladas[3] y Europa

[2] Mandel, Ernest, Conferencia sustentada en la Facultad de Ciencia Políticas y Sociales, UNAM, marzo, 1972.

[3] The Office, junio 30, 1970.

con 18 000[4], en toda América Latina, hasta principios de 1973, se habían instalado 2 867; en la tabla 16.1 se muestra la situación en América Latina en cuanto a computadoras instaladas.[5]

Tabla 16.1. Situación de instalaciones de computadoras en Latinoamérica hacia 1973.

País	*Instaladas*	*Pequeñas*	*Medianas*	*Grandes*
Argentina	445	316	123	6
Bolivia	12	12	0	0
Brasil	754	487	202	65
Chile	52	36	15	1
Colombia	86	50	35	1
Costa Rica	29	25	4	0
Cuba	40	36	4	0
Rep. Dominicana	23	22	1	0
Ecuador	20	20	0	0
El Salvador	21	20	1	0
Guatemala	27	25	2	0
Haití	0	0	0	0
Honduras	16	14	2	0
México	573	398	149	26
Nicaragua	13	12	1	0
Panamá	28	20	8	0
Paraguay	6	6	0	0
Perú	87	69	17	1
Puerto Rico	300	250	40	10
Uruguay	35	31	4	0
Venezuela	300	247	44	9
Total	2 867	2 096	652	119

La tecnología de computación que se emplea en los países latinoamericanos es la que se ha desarrollado en las naciones de mayor evolución tecnológica y proviene principalmente de los Estados Unidos, con algunas excepciones, dado que ciertos fabricantes europeos y japoneses han instalado equipos en la región. Un caso realmente excepcional es Cuba, país que fabrica pequeños sistemas de cómputo y que ha desarrollado ideas propias de software para la solución de sus problemas.[6]

Casi todas las naciones latinoamericanas han concentrado, sus computadoras, alrededor del 80%, en las capitales, lo que indica la ausencia de computadoras en las zonas rurales.[7] Aproximadamente, hacia 1973, el sector público cubría el 40% del costo total de los equipos instalados, y el sector privado

[4] R. P. C. de ICM de México, junio 28, 1973.
[5] Barquín, C. Ramón, "Computation in Latin America", Datamation, marzo, 1974.
[6] Lauzán, O. Carnota, "La aplicación de las computadoras en el campo económico en un país en vías de desarrollo", Conferencia sobre el papel de la computadora en la investigación y economía en Latinoamérica.
[7] Barquín Ramón, *op. cit.*

cubría el resto. El 90% de los equipos grandes y el 70% de los medianos estaban instalados en instituciones del sector público. Esta tendencia parece haber persistido desde entonces, por lo que podemos decir que estos porcentajes subsisten.

La iniciativa privada en los países de la región sigue utilizando los equipos de cómputo que adquiere, casi exclusivamente, para la más rápida y efectiva realización de las actividades de registro e impresión de documentos.[8] Esto se debe principalmente a que los usuarios de tales máquinas cuentan con mercados cautivos para sus productos, y sus necesidades no van más alla de lograr una eficiente administración del papeleo interno. Esto refuerza la tendencia de que la demanda de técnicos para la implantación de sistemas computarizados, se circunscriba a programadores y analistas con conocimientos mínimos para sustituir trabajos manuales con la computadora.

Por otra parte, los proveedores y las escuelas técnicas privadas preparan al personal sólo de acuerdo con los criterios mercantilistas y crean un círculo vicioso que origina que difícilmente la computadora sea utilizada pra realizar cambios notables en el funcionamiento de las organizaciones de capital privado de estos países. Más aún, una gran mayoría de los profesionistas que dirigen o controlan los diferentes departamentos de una institución desconocen las posibilidades de uso de las computadoras para realizar procesos, sobre todo los de carácter no rutinario y, además, carecen de las técnicas adecuadas para incursionar en el uso de la computadora como medio para transformar a la empresa.

Otro aspecto significativo es que muchos de los equipos instalados en el sector público y privado se utilizan en porcentajes muy por abajo de su capacidad, situación que se comprueba dado que muchas de estas instalaciones son puestas a disposición de terceros con el propósito de disminuir el costo de renta. Este hecho muestra que las decisiones de adquirir una computadora y, en especial, la configuración y modelo de ésta, se toman a la ligera.

Desafortunadamente los estudios para adquirir una computadora, en términos generales, son endebles o se dejan en manos de los proveedores, lo cual no garantiza, sobre todo en nuestros países, la mejor selección.

La formación de técnicos en este campo ha quedado básicamente en manos de los proveedores, lo que se antoja perjudicial tanto para las instalaciones como para el país en cuestión; los proveedores tiene como interés prioritario la expansión y crecimiento de su empresa y no el desarrollo del país en donde se han establecido y mucho menos el de la empresa usuaria; además, las técnicas de uso y soporte que proporciona el proveedor para el manejo de estos equipos, son propios del país fabricante y han surgido de un medio donde la mano de obra es escasa, contrario a lo que sucede en la región; por tanto, al emplear tales técnicas para la sustitución de labores manuales administrativas se refuerza el gran desempleo y subempleo de estos pueblos.

Por otra parte, en algunos de estos países el sector público, ha creadocentros de investigación y desarrollo dentro de instituciones gubernamentales y

[8] Barquín Ramón, *op. cit.*

descentralizadas, donde la computadora se utiliza para fines de optimización de recursos e incremento de la producción. También en algunas universidades se cuenta con centros donde se desarrollan aplicaciones y procesos dirigidos a la solución de problemas que aquejan a grandes sectores de la población: fertilización del campo, balanceo de dietas en función de los precios para la alimentación del ganado, modelos de racionamiento para mejor distribución de la producción, etcétera. Estos trabajos podrán dar resultados sólo si es posible la aplicación de la computadora y su revisión constante. Lamentablemente son muy pocas las instalaciones destinadas a estas tareas, si las comparamos con las que no lo están.

Toda esta referencia se ha hecho fundamentalmente sobre lo que hemos denominado equipos grandes, medianos y pequeños; ver tabla 16.1. También existen los equipos denominados, minicomputadoras y microcomputadoras,[9] éstas se empezaron a adquirir en nuestros países a finales de la década de los setentas; su número se ha incrementado notablemente en los últimos cuatro años, periodo en el que se han introducido una gran cantidad de fabricantes en la región.

Proyección a futuro

En la figura 16.1 se muestra la tendencia en el crecimiento de instalaciones de computadoras grandes, medianas y pequeñas; se observa que hacia 1984, América Latina cuenta con aproximadamente 20 000 equipos (según la tendencia acelerada) ó 18 000 equipos aproximadamente (según la tendencia conservadora).

Si tenemos en cuenta la tabla 16.1 y clasificamos los equipos según la renta anual promedio, en dólares de 1973 (sistemas pequeños: 40 000 dólares; medianos: 96 000 dólares; grandes: 300 000 dólares)[10] el gasto de renta anual en cada país, en 1973, sería aproximadamente el que se muestra en la tabla 16.2.

Si consideramos la tendencia conservadora (fig. 16.1), la erogación en 1984 ascendería a alrededor de 1 458 millones de dólares[11] de 1973 (desde luego que esta estimación no es más que una proyección geométrica que descarta otras variables importantes, como son: abaratamiento por implementaciones en el hardware; separación del software en la renta de los equipos y separación de los cursos de instrucción). Sin embargo es importante hacer notar que la adquisición a corto plazo de estos equipos impone a nuestros países la necesidad de erogar divisas cuyo monto es importante en relación con sus economías.

La proyección y los costos últimos son exclusivamente para lo que denominamos equipos grandes, medianos y pequeños, para los cuales hemos estimado estas rentas. Cabe destacar que si bien el hardware se ha abaratado,

[9] Véase apéndice A: Mini y microcomputadoras.

[10] Es evidente que tales datos corresponden a rentas de 1973, con equipos de ese mismo año.

[11] Este, aunque no es un dato exacto, resulta con una aproximación de más o menos 15% de error estimado, en las erogaciones que tienden a realizar estos países.

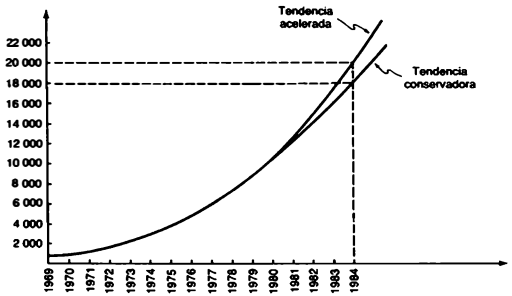


Figura 16.1. Tendencia de las instalaciones de computadoras en Latinoamérica de 1981 a 1984, a partir de su estado de 1969 a 1980.

Tabla 16.2. Costo en dólares de los sistemas instalados en 1973 en los países de Latinoamérica.

País	*Pequeños*	*Medianos*	*Grandes*	*Total*
Argentina	15 168 000*	11 808 000	1 800 000	28 776 000
Bolivia	576 000	0	0	576 000
Brasil	39 192 000	19 392 000	19 500 000	78 084 000
Chile	2 496 000	1 440 000	300 000	4 236 000
Colombia	4 128 000	3 360 000	300 000	7 788 000
Costa Rica	1 392 000	384 000	0	1 776 000
Cuba				
Rep. Dominicana	1 104 000	96 000	0	1 200 000
Ecuador	960 000	0	0	960 000
El Salvador	1 008 000	96 000	0	1 104 000
Guatemala	1 296 000	192 000	0	1 488 000
Honduras	768 000	192 000	0	960 000
México	27 504 000	14 304 000	7 800 000	49 608 000
Nicaragua	624 000	96 000	0	720 000
Panamá	1 344 000	768 000	0	2 112 000
Paraguay	288 000	0	0	288 000
Perú	4 176 000	1 632 000	300 000	6 108 000
Uruguay	1 680 000	384 000	0	2 064 000
Venezuela	14 400 000	4 224 000	2 700 000	21 324 000
Totales	118 104 000	58 368 000	32 700 000	209 172 000

* Las cantidades están representadas en dólares de 1973.

no así el software, el cual ha sido separado hasta cierto punto de los costos de adquisición del equipo. Esto implica que se tengan erogaciones por software, al margen de las ya realizadas para el hardware. El software evoluciona permanentemente; tanto el proveedor como las casas dedicadas a la elaboración de paquetes de computación, ponen a disposición de los usuarios de los equipos, novedades atractivas para poner en marcha procesos computarizados. Estas novedades aparecen a diario y engrosan el volumen de los paquetes que los usuarios pueden adquirir como mercancía.

Tanto la tecnología de hardware como la de software se miran como privativas de los países más evolucionados que entraron ya hace algunos años en el terreno de la producción de equipos de computación. Los países de la región han tenido hasta ahora una muy limitada participación en la producción de estas tecnologías.

Esta situación establece una fuerte contradicción. Si los países del área no implantan una política para crear tecnologías de cómputo propias, quedarán como simples adquirientes y, por otra parte, sumarse a la carrera tecnológica de la computación representa por ahora una tarea de tal magnitud que requiere de un esfuerzo para el cual nuestros países parecen no tener capacidad a corto plazo.

A pesar de lo anterior, si se analiza el problema desde otro ángulo, la producción de software resulta ser una industria intensiva en mano de obra y que no requiere de grandes inversiones de capital: el único requerimiento es de personal capacitado y con suficiente imaginación.

Si bien en los países menos desarrollados existen limitantes en cuanto a personal capacitado, el desarrollo de software es un campo que ofrece la posibilidad tanto de generar tecnología propia y acorde con nuestras necesidades, como de reducir la dependencia del extranjero y la fuga de divisas. Incluso, puede pensarse en la exportación de estas tecnologías a otros países.

Conviene destacar que el software es el componente de un sistema de cómputo que tiene mayores condicionantes culturales, tanto en su diseño como en su forma de operación, idioma, etcétera. Resulta, por lo tanto, un campo de particular importancia para considerarlo en nuestros países.

De aquí se desprende la necesidad de que los países Latinoamericanos inicien de inmediato políticas tendientes a resolver esta situación, teniendo en cuenta sus propias capacidades y recursos.

Por ahora la introducción de las minicomputadoras y microcomputadoras ha venido a incrementar la fuga de divisas; la facilidad de manejo e instalación de estos equipos los hace atractivos y la adquisición de éstos en la región ha crecido notablemente. Se estima que en un futuro cercano estos equipos serán de uso cotidiano en los quehaceres domésticos. Esto debe ponernos alerta para señalar directrices rigurosas que nos permitan aprovechar las posibilidades e impidan resquebrajar aún más nuestras economías.

En este terreno (de las mini y las micros) se estima que es más fácil para nuestros países incursionar en el desarrollo de sus propias tecnologías, o establecer convenios o políticas tendientes a participar conjuntamente con los países más evolucionados en este campo.

Proposición de tareas por realizar

Dado que parece imposible que los países de América Latina se deslinden de participar en un mundo que amenaza, a corto plazo, de ser invadido por las computadoras, habrá que estudiar cabalmente las perspectivas que cada país observa en torno a esta situación.

Para obtener beneficios sustanciales es necesario investigar a fondo y delinear un perfil lo más claro posible que nos muestre cuál es la influencia que ha tenido y puede tener la informática en los diferentes sectores sociales de cada país, mirando las repercusiones en la composición macroeconómica y social de éstos.

Proponemos delimitar, como inicio, la investigación en cuatro áreas: económica, tecnológica, educativa y política.

Área económica

Se propone trazar un programa de exploración microeconómico y otro macroeconómico, el primero subordinado al segundo; en la parte microeconómica será interesante analizar el empleo de la informática mediante algunas preguntas.

¿Qué beneficios obtienen las empresas al implantar procesos automatizados de información y en especial de computación? ¿Qué ahorros obtienen tanto en términos horas-hombre como en términos de rendimiento sobre el capital? ¿Cómo repercute la adquisición de tecnologías de cómputo en el precio de sus productos? En cuanto a las organizaciones no lucrativas ¿cómo estiman la adquisición de técnicas computológicas y sobre qué tipo de estudios toman estas decisiones? ¿Cómo se aprueba un presupuesto para aplicarlo a estas tecnologías?

A nivel macroeconómico prodríamos preguntar: ¿cuál es el costo real que en divisas cuesta al país la adquisición de elmentos informáticos de cualquier índole? ¿Qué tan posible es medir el beneficio de su utilización en términos monetarios? ¿Qué conveniencia se tendría al producir localmente? ¿Qué tanto influye en el problema del desempleo y subempleo, y cuál es su repercusión inmediata en este sentido? ¿De qué manera se refuerza o debilitan las estructuras oligopólicas empresariales? ¿Cómo influyen las empresas transnacionales de proveedores informáticos en el ritmo económico del país? ¿Cuál es la influencia económica derivada de la utilización de la informática por las empresas transnacionales?

Área tecnológica

En el área tecnológica indagaríamos otros aspectos. ¿Hacia qué tipo de aplicaciones y problemas se orientan tanto los equipos como el soporte utilizado? ¿Qué beneficios inmediatos se obtienen, y para quién, con el empleo

de las tecnologías implantadas? ¿Cuáles limitantes tecnológicas deben eliminarse para contar con una tecnología propia? ¿Quién desarrolla y ha creado estas tecnologías? ¿Cuál ha sido su origen, para qué tipo de problemas están enfocados y qué lineamientos se siguen para determinar su uso? ¿Qué elementos o centros están destinados a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en informática? ¿Quién los auspicia y qué tipos de problemas atacan? ¿En qué sectores se utiliza la informática? ¿A qué nivel y en qué grado?

Área educativa

En cuanto al aspecto educativo es conveniente aclarar los siguientes puntos. ¿Cuántos especialistas en informática se tienen en el país?; desde luego, clasificándolos según grado, tipo y nivel de especialización, determinando a su vez otros factores como son salario promedio, edad, escolaridad, sexo, etcétera. ¿A qué trabajos se destinan los diferentes especialistas? ¿Quién los ha preparado? ¿En qué consistió su preparación? ¿Cuáles son los centros que actualmente operan en el país para la formación de los diversos especialistas? ¿Qué porcentaje de especialistas provienen del extranjero y de qué países? ¿Cuáles son las áreas en las que participa el personal extranjero? ¿Qué porcentaje del personal nacional se prepara en el extranjero y en qué países? ¿Qué programas siguen las organizaciones para la preparación y actualización de su personal? ¿Qué estándares se siguen para calificar a los diferentes tipos de especialistas? ¿Cuál será la demanda de especialistas en un futuro inmediato y mediato? ¿Qué capacidad escolar se requiere para la formación de la demanda a futuro? ¿Cómo deberá delinearse la preparación de los futuros especialistas y en función de qué parámetros y objetivos se definirá? ¿Cuál es el grado actual y el deseable de integración empresa-escuela en el sector informática?

Área política

En términos de política habrá que tener en cuenta algo más que los detalles conceptuales, es un aspecto de vital importancia para un estudio como el que se propone. Precisamente el "VIS" político es el que en última instancia definirá la filosofía de la investigación, en este terreno se sugiere que el objetivo fundamental sea poner al servicio de la colectividad los medios informáticos, observando como factor fundamental la "democratización cultural".

Una vez asentado lo anterior es necesario indagar: ¿qué normas y reglas se siguen para la implantación de elementos informáticos en el país? ¿Qué entidades u organismos las determinan y bajo qué criterios? ¿Cuál es el impacto de la utilización de la informática sobre la independencia nacional? ¿Qué garantías tiene un ciudadano respecto a la información que sobre él recabe una institución privada u oficial? ¿A qué debe denominarse información privada? ¿Quién debe disponer de la información, cómo y cuándo? ¿Qué políticas deberán seguir en el futuro las organizaciones de los diferentes sectores

para implantar elementos informáticos? ¿Qué proyectos y en qué consisten? ¿Quién coordina los trabajos en informática a nivel nacional y bajo qué pautas? ¿Cómo se hace la relación de los problemas que deben ser atacados por el sector informático?

Es necesario recalcar la necesidad de crear mecanismos de respuesta que permitan indagar y actualizar permanentemente un estudio como el propuesto. De otra manera sería lastimoso realizar un gran esfuerzo y permitir que su alcance se extinga por el irremediable "trabuco" burocrático de la obsolescencia.

Es evidente que la contestación a estas cuestiones brindará un panorama a partir del cual se podrá estimar un camino para el futuro; sin embargo, estamos conscientes de que para alcanzar algún beneficio deberá considerarse el marco social en que se encuadra toda la serie de problemas que en el trasfondo de estas preguntas implicamos. Por tanto, no bastará con observar el problema, sino que será menester darle contestación en la práctica a través de medidas inteligentes que nos acerquen a la posibilidad de hacer una informática más humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Academia Mexicana de Informática, "Informática", *Revista Informática*, dic./ene, 1978.
[2] Ackoff, Rusell, *Rediseñando el futuro*, Limusa, México, 1979.
[3] Allen, Brant R. y Hawkins, David F., *Computer Models for Business Case Analysis*, Monograph núm. C-16, South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1968.
[4] Bertalanffy von L., *Robots, hombres y mentes*, Editorial Guadarrama, Madrid, 1974.
[5] Burck, Gilbert y colaboradores, *La era de la computadora*, Colección Moderna, núm. 125, Editorial Diana, México, 1969.
[6] Cantarero, Manuel, "Informática y sociedad de masas", *Revistas S. P.*, núm. 358, México, 1969.
[7] Carrel, Alexis, *La incógnita del hombre*, (9ª ed.), Editorial Diana, México, 1964.
[8] Davis, Watson, *El siglo de la ciencia*, Editorial Diana, México, 1966.
[9] Font, Jean-Marc y Quiniou, Jeane-Claude, *Las computadoras: mitos y realidades*, Editorial Tiempo Nuevo, S. A., Caracas, 1970.
[10] Forbes, R. J., *Historia de la técnica*, Fondo de Cultura Económica, México, 1958.
[11] Kahn, Herman y Winer, Antony J., *The year 2000*, Mcmillan Co., Nueva York, 1967.
[12] Kaufmann, Arnold, *Los cuadros y la revolución informática*, Editorial Hispano-Europea, Barcelona, 1970.
[13] Marx, Karl y Engels, Friedrich, *Manifiesto del Partido Comunista*, Ediciones en Lenguas Extranjeras, Moscú, 1951.
[14] McLuhan, Marshall, *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre*, Editorial Diana, México, 1969.
[15] Mora, José Luis, "Cibernética y Educación", *Revista Informática*, Editorial Informática, marzo, 1979.
[16] Mora, José Luis, "La informática y su repercusión social", *Revista Informática*, Editorial Informática, mayo, 1978.
[17] Mora, José Luis, "La informática para una nueva sociedad", *Revista Informática*, Editorial Informática, junio, 1978.
[18] Mora, José Luis, "La informática y el desempleo", *Revista Informática*, Editorial Informática, julio-agosto, 1978.

[19] Mora, José Luis, "Efectos de la informática en las relaciones internacionales", *Revista Informática*, Editorial Informática, mayo, 1980.
[20] Naville, Pierre, *¿Hacia el automatismo social?*, Colección Popular, núm. 68, Fondo de Cultura Económica, México, 1965.
[21] Nora, Simón y Minc, Alain, *L'informatisation de la Société*, La Documentation Francaise, París, 1978.
[22] Pecujlic, Miroslav, *El porvenir que ya ha comenzado*, Cuadernos Obreros, Editorial Solidaridad, México, 1970.
[23] Reyes, Matta Fernando (antología), "La información en el nuevo orden internacional", Instituto Latinoamericano de estudios internacionales, México, 1977.
[24] Sábato, Jorge A. "Transferencia de tecnología", Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México, 1978.
[25] Schoderbek, Peter P., *Management Systems*, J. Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1967.
[26] Servan, Schreiber S. J., *El desafío americano*, Plaza & Janes, S. A., Barcelona, 1971.
[27] UNAM, Varios autores, *Mentes y máquinas*, México, 1970.
[28] Wiener, Norbert, *Cybernetics: or Control and Comunication in the Animaland the Machine*, (2ª ed.), The M. I. T. Press, Cambridge, Mass.,1961.

Apéndices

A

Mini y microcomputadoras[1]

ASPECTOS GENERALES

El advenimiento de las computadoras dio lugar a un gran número de especulaciones acerca de su potencial en el desarrollo del hombre, sus repercusiones sobre el desempleo, su capacidad para impulsar el crecimiento económico, etcétera [1].

Es evidente que la computadora ha tenido cierta influencia en todos estos aspectos, pero dado su elevado costo no fue accesible para las grandes empresas sino hasta hace pocos años, por lo que su impacto ha sido menor al que se pronosticaba.

En los últimos años se ha venido popularizando el uso de las micro y minicomputadoras. Esto, aparentemente, no debería ser sino una modificación cuantitativa respecto a la situación prevaleciente. No parece ser esa la realidad, pues estos equipos ofrecen la posibilidad de un cambio cualitativo en los efectos de la computación sobre la vida de las empresas. Esto puede fundamentarse en tres puntos:

a) La micro y minicomputación es una tecnología que parece más adecuada a la realidad de las empresas de los países en desarrollo (a pesar de no haber sido planeada con esta intención).
b) La filosofía de diseño de estos equipos se orienta más hacia el usuario que hacia el sistema, como ha sido el caso en los equipos convencionales [2], los cuales requieren cumplir ciertos requisitos: una planta de especialistas, alta eficiencia del proceso, instalaciones especiales, etcétera, para ser económicamente justificables y útiles.
c) Un cambio cuantitativo de suficiente magnitud puede plantear un cambio cualitativo.

[1] Este apéndice está basado en una serie de notas que publicó el ingeniero Enzo Molino en el *Boletín del Centro de Informática* de la Facultad de Contaduría y Administración, UNAM.

El doctor Erhard Eppler [3] planteó brillantemente el primer punto al proponer, para países en desarrollo, el uso de tecnologías económicas de baja escala de operación, de fácil uso y mantenimiento y que, sobre todo, no introdujeran agravantes en el problema del desempleo endémico de los países no industriales.

En los últimos años han surgido los nuevos equipos, denominados microcomputadoras. Aun cuando su capacidad de cómputo resulta menor que la de las minicomputadoras, tienen un inmenso potencial para muchas aplicaciones. Las consideraciones que se hacen acerca de las minicomputadoras son igualmente aplicables a las microcomputadoras, acentuándose solamente los aspectos indicados.

Si se considera que el costo de estos equipos es relativamente bajo, resulta claro el potencial que representan para las empresas pequeñas y medianas; esto, sin considerar los sectores agrícolas, comercial y de servicios que evidentemente pueden obtener grandes beneficios de un equipo de este tipo.

Es esencial, desde el punto de vista económico, que la aplicación de computadoras en un país no sea un elemento de desempleo. Resulta evidente que en las labores rutinarias es donde existe la mayor posibilidad de crear desempleo, por lo que en países en desarrollo no debería recomendarse el uso de computadoras, primordialmente para rutinas operativas. El uso de sistemas automáticos para estas aplicaciones (nóminas, facturación, etcétera) se desarrolló en los países industriales para resolver problemas de falta de mano de obra, por lo que su adopción indiscriminada en otras situaciones es, a todas luces, inadecuada. Esto no significa que no deban usarse sistemas automáticos para estas actividades administrativas, sino que deben analizarse con cuidado y aplicarse en los casos específicos que lo justifiquen.

Es necesario considerar, además del perjuicio que se ocasiona al país si no se toma en cuenta lo anterior, que el uso de sistemas de cómputo primordialmente para aplicaciones administrativas en muchos casos acarrea un incremento neto en los costos, con beneficios intangibles (en obtener información con mayor rapidez) que por lo general no son económicamente comparables con los costos generados.

Otras áreas de aplicación de los sistemas de cómputo, que se ven simplificadas y expeditadas con el uso de minicomputadoras, son las de apoyo al mejoramiento del sistema productivo y auxilio en planeación. Como ejemplos de estas aplicaciones puede mencionarse: control de inventarios, programación de la producción, planeación de la distribución, análisis de costos, proyecciones y pronósticos, entre otros.

Es posible demostrar fácilmente que estas aplicaciones producen un beneficio o una reducción de costos bastante clara, que se puede traducir directamente en una mejor posición competitiva y una mayor eficiencia. Evidentemente, esto implica desarrollar una tecnología de aplicación adecuada y dejar de copiar soluciones ideadas para otras situaciones, con las dificultades implícitas en ello.

ANTECEDENTES DE LA MINICOMPUTADORA

Según Kenney [4], la primera minicomputadora fue entregada por la Digital Equipment Corporation, en 1963. Los usuarios de estos equipos eran personas con gran capacidad y preparación técnica; las máquinas se utilizaban principalmente en aplicaciones de control automático de procesos y no se disponía de los soportes de programación que hoy en día son de uso estándar.

Pocos fabricantes participaron en la producción de minicomputadoras en los primeros años; sin embargo, hacia 1966 se inició un gran auge en esta rama de la industria. Se estima [5] que en 1974 había en Estados Unidos, 44 modelos diferentes, fabricados por 23 proveedores. En Latinoamérica se pronostica un potencial importante para estos equipos [6], pues están más adaptados a las necesidades locales, tal como se indicó previamente.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Es conveniente contar con un marco de referencia que permita clasificar el equipo en ciertas categorías, con objeto de facilitar su estudio. En términos generales, el equipo a que se hace referencia abarca los mecanismos y sistemas que podrían definirse genéricamente como computadoras y que reúnen las siguientes características:

a) Capacidad de cálculo.
b) Posibilidad de usar "programa almacenado"; o sea, cierta capacidad lógica.
c) Operan de manera autónoma primordialmente.

Las categorías en que puede dividirse el equipo actual que reúne las características anteriores son las siguientes:

- Calculadoras programables.
- Máquinas electrónicas de contabilidad.
- Microcomputadoras.
- Minicomputadoras.
- Computadoras convencionales.

Factores más importantes

Hay diversos factores que deben considerarse para catalogar un equipo dado en una de las categorías indicadas. Aún no se ha llegado a un acuerdo acerca de cuáles factores son esenciales, por lo que a continuación se propone una lista bastante exhaustiva como para permitir elaborar un esquema que facilite a los usuarios potenciales analizar la gran gama de posibilidades que actualmente están a su disposición.

Sólo se tratan con cierto detalle, en esta lista, las características distintivas de las micro y minicomputadoras.

Forma de uso

Se refiere a la posibilidad de utilizar el equipo para una sola, varias o muchas aplicaciones, mediante técnicas de tiempo compartido o multiprogramación; implica también las posibilidades de usar el equipo en aplicaciones "dedicadas", o al hecho de emplearlo para proceso en lotes.

Este aspecto es uno de los que mejor diferencian a la minicomputadora del sistema de cómputo tradicional. Debido a los costos menores es posible dedicar una minicomputadora a una aplicación especializada. Generalmente las minicomputadoras tienen facilidad de trabajar en alguna modalidad de tiempo compartido, con lo que es posible que varios usuarios utilicen el equipo por ejemplo, para actualizar archivos de inventarios. Esta característica ofrece posibilidades revolucionarias, incluso para empresas grandes, ya que pone el potencial de la computadora más cerca de los niveles operacionales.

En realidad, la minicomputadora implica un cambio en la filosofía de uso de los sistemas de cómputo, pues permite potencialmente eliminar la necesidad de un centro tradicional de proceso de datos; esto es, establece un sistema más orientado al usuario y menos ligado al personal técnico en computación [7].

En el caso de la microcomputadora, es costeable aun para aplicaciones de nivel personal o casero. Se estima que si ahorra 11 minutos diarios del tiempo de un ejecutivo, está económicamente justificada.

Longitud de palabra

Esta es una característica técnica del equipo relacionada con el tamaño de la unidad básica del diseño interno y de operación. Generalmente es la unidad de información que se trasfiere internamente al realizar una operación. Por lo común, las minicomputadoras tienen palabra de 16 ó 32 *bits*, aunque las hay desde 8 hasta más de 32. Las grandes computadoras utilizan palabras más grandes o palabras de longitud variable formadas por *bytes* o unidades, generalmente de 8 *bits*, que representan un carácter. La pequeña longitud de palabra de las minicomputadoras es uno de los factores importantes de su bajo costo; sin embargo, ésta establece una limitación en el repertorio de instrucciones y en las posibilidades de acceso directo, lo cual puede reducir su eficiencia de operación en relación con las grandes máquinas.

Las microcomputadoras generalmente tienen una palabra de 8 *bits*, aunque recientemente empiezan a introducirse máquinas de 16 *bits*.

Capacidad y flexibilidad de configuración

Implica la posibilidad de ampliar o cambiar tanto los dispositivos de entrada/salida, como las memorias secundarias del sistema.

En este aspecto, puede decirse que la minicomputadora es equiparable a las computadoras convencionales; esto es, tiene gran flexibilidad y modularidad en su configuración y prácticamente acepta todos los dispositivos periféricos que pueden acoplarse a las computadoras convencionales. Esta fase es la que más distingue a estas minicomputadoras de las máquinas electrónicas de contabilidad y de las calculadoras programables.

La introducción de las microcomputadoras obligó a un importante desarrollo en materia de periféricos, ya que resultaba inoperante usar dispositivos caros y de uso pesado con una unidad central pequeña y muy barata. Actualmente se cuenta con una variedad casi infinita de dispositivos económicos que pueden acoplarse a una microcomputadora.

Costo de la unidad central de proceso, en una configuración mínima utilizable

Éste es el factor más popular en la bibliografía, pero debe destacarse que un criterio de este tipo está poco definido y va sujeto a un gran número de contingencias.

Algunos autores [8, 9] indican una cifra de 10 000 dólares; otros [10], una de 25 000 como límite superior de precio para considerar como minicomputadora a una máquina en una configuración utilizable.

Para las microcomputadoras, el costo mínimo de un equipo utilizable es del orden de 1 000 dólares, aunque normalmente su costo varía entre 2 500 y 8 000, dependiendo de la configuración que se tenga.

Debido a que actualmente el costo principal de un sistema de cómputo está relacionado con los dispositivos periféricos [11], el básico de la configuración mínima usable o del procesador deja de tener una importancia tan grande como sucedía en los equipos de hace algunos años.

Capacidad de la memoria principal

Esta característica define, al menos en parte, el potencial de un equipo, y si bien puede modificarse, generalmente es un rasgo de cierto interés.

En general, y derivada de su longitud de palabra, las microcomputadoras tienen una memoria principal limitada a un máximo de 64 hasta 800K;[2] las más pequeñas requieren 4K de memoria. Esta limitación impone una restricción sobre la posibilidad de resolver problemas muy complejos.

Sin embargo, con las microcomputadoras es relativamente simple organizar sistemas de multiproceso [12] que, aunque parcialmente, reducen la importancia de esta limitación.

Las minicomputadoras actuales pueden tener una memoria de más de 512K, lo cual les permite un mayor rango de acción.

[2] 1K = 1 024 posiciones de memoria.

Tamaño físico del equipo

Esta característica, aunque secundaria, puede dar indicios acerca de la clasificación del equipo.

Generalmente las computadoras convencionales son más voluminosas que las minicomputadoras, ya que éstas, en su mayoría son de tamaño semejante al de un amplificador estereofónico mediano; adicionalmente, sus requerimientos en cuanto a condicionamiento de aire y a regulación de voltaje resultan mínimos, y en algunos casos, inexistentes.

En el caso de las microcomputadoras, generalmente son del tamaño de una máquina de escribir portátil o aún menores.

Velocidad de operación

Esta característica permite distinguir entre los niveles inferiores del equipo y junto con la capacidad de la memoria principal determina la potencia disponible en un sistema, para el manejo interno de información.

En este aspecto, las diferencias entre minicomputadoras y computadoras convencionales son poco significativas y, a menudo, favorables a las minicomputadoras.

En general, debido a su menor longitud de palabra, las microcomputadoras son más lentas que las minicomputadoras, aunque por atender a un sólo usuario esta diferencia sólo se detecta en casos especiales.

En resumen, el problema de clasificar dentro de un conjunto de categorías a un equipo dado depende, en gran parte, de la selección de las variables que se analicen. El esquema anterior establece únicamente un marco general; por tanto, cada investigación en particular deberá definir los niveles de cada variable antes de proceder a clasificar el equipo.

Debe destacarse que siempre habrá casos dudosos, debido, en parte, a la gran evolución tecnológica en este campo.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Arquitectura del equipo

Existe la tendencia creciente, entre los fabricantes de computadoras, a la utilización de una arquitectura microprogramada; esto es especialmente cierto en el caso de las minicomputadoras. Seguramente existen muchos factores que influyen en esta propensión; entre los más importantes están el costo cada vez menor del equipo requerido y la gran flexibilidad que ofrece la microprogramación [13].

La esencia del concepto de microprogramación se encuentra en la forma de realizar las instrucciones de lenguaje máquina dentro de la Unidad Central de Proceso (UCP) [2].

Tradicionalmente las instrucciones en lenguaje de máquina las analiza, interpreta y ejecuta el equipo; esto es, a cada código de operación corresponde un circuito determinado que realiza la operación respectiva.

En una estructura microprogramada se tiene un microprocesador (una computadora de dimensiones muy reducidas) dentro de la Unidad Central de Proceso, el cual tiene su propia memoria microprogramable, que se conoce generalmente como ROM (*Red-only Memory*, memoria de la lectura únicamente), que constituye lo que se ha llamado *Firmware* y junto con el microprocesador forma una computadora dentro de la computadora principal; el microprograma controla la trasferencia de datos que permite a la computadora principal ejecutar las instrucciones del usuario [14].

En forma esquemática, al operar una máquina microprogramada sucede lo siguiente: la instrucción que el usuario quiere ejecutar se transfiere al microprocesador. Dentro de éste se analiza y genera la dirección de memoria de la ROM, en la cual se localiza la primera microinstrucción de la rutina que realiza las interconexiones y operaciones necesarias para ejecutar la instrucción de que se trate. Esta rutina, así como las otras que definen el lenguaje de máquina que se esté usando, casi siempre han sido diseñadas y cargadas previamente en la ROM por el fabricante del equipo.

Una de las grandes ventajas de la microprogramación es la facilidad con que puede ampliarse el conjunto básico de instrucciones [15], lo cual redunda en mayor efectividad y poder de cálculo de la UCP [16].

Si se acepta una reducción de velocidad puede tenerse el control microprogramado sin requerir la ROM, utilizando parte de la memoria principal como memoria de control. Este tipo de máquinas se conocen como "computadoras de lógica almacenada" [17].

Generalmente, sin embargo, la ROM es bastante más rápida que la memoria principal, lo cual permite realizar múltiples operaciones en un sólo ciclo de memoria principal.

Entre las desventajas más notables de la microprogramación puede destacarse [18] el grave problema de software que se presenta al alterar, sin las debidas precauciones, un miniprograma. Al realizar un cambio de este tipo, generalmente se inutilizan todos los paquetes de software disponibles pues, de hecho, se ha sustituido a la máquina por otra, desde el punto de vista de su lógica interna.

No obstante, si se toman las medidas preventivas necesarias, el problema se reduce notablemente y puede contarse con un equipo altamente flexible y poderoso [19].

Con respecto al impacto sobre el usuario común, puede decirse que para él la microprogramación no es evidente. Hay muchos programadores experimentados que no saben que la computadora que utilizan es microprogramada. Las ventajas principales que obtienen (generalmente, sin saberlo) son: una mayor velocidad y un juego de instrucciones que facilita su trabajo.

En la labor del programador del sistema es donde la microprogramación tiene mayor impacto, ya que es aquí donde pueden obtenerse las ventajas o producirse los problemas mencionados.

En el caso de las microcomputadoras, en general no trabajan bajo un esquema de microprogramación, sino que utilizan las memorias ROM para tener disponibles los compiladores y partes del sistema operativo. Esta modalidad simplifica considerablemente la utilización del equipo por personal no especializado.

COMPARACIÓN CON LOS SISTEMAS DE TIEMPO COMPARTIDO

Se ha sugerido que los grandes sistemas de cómputo pueden sustituir a las minicomputadoras [20], participando de su potencial de cálculo a través de sistemas de tiempo compartido, mediante teleproceso; esto, especialmente para usuarios con pocas necesidades o recursos limitados.

Con la microcomputadora se cuenta con una nueva modalidad de tipo mixto, conocida bajo el nombre de *proceso distribuido*. En este caso, se utilizan microcomputadoras como terminales inteligentes de otros equipos, con lo cual se pone la capacidad de cómputo cerca del usuario y bajo su control, sin perder la coordinación del sistema en su conjunto.

Ventajas y limitaciones del tiempo compartido

Los sistemas de tiempo compartido utilizan una gran computadora cuyo costo se reparte entre un extenso número de usuarios; por tanto, el costo para un usuario en particular es relativamente bajo (generalmente se cobra con base en el tiempo de conexión, tiempo efectivo de uso de la Unidad Central de Proceso, cantidad de almacenamiento secundario utilizado, o una combinación de estos factores).

Además, al utilizar un sistema de cómputo grande se esperan tres ventajas adicionales:

a) *Disponer de una gran potencia de cálculo y de almacenamiento.* Este punto es de utilidad para un número relativamente pequeño de usuarios, puesto que tales sistemas presuponen usuarios con pocas necesidades (ya que de otro modo tendrían su propia computadora grande o mediana). Esto es aplicable tanto al aspecto de potencia de cálculo como al de almacenamiento aunque, evidentemente, existan excepciones.

b) *Contar con un soporte (software) poderoso.* Es evidente que un sistema grande puede soportar una gran variedad de programas y lenguajes, algunos de los cuales no es posible utilizar en máquinas chicas. Esto ofrece al usuario una notable ventaja; sin embargo, para muchas empresas pequeñas (usuarios "naturales" de este tipo de sistemas), únicamente un porcentaje muy pequeño del software es aplicable; entre otros motivos pueden mencionarse los siguientes: la falta de personal capacitado o del tiempo necesario para plantear

y analizar los problemas que debería resolver la máquina; la extensión del propio software (ya que el sistema, por definición, debe atender a muchos usuarios con necesidades distintas, requiere una amplia variedad de programas de muy poco uso).

En el caso de algunos usuarios particulares (por ejemplo, instituciones académicas o de investigación) los comentarios anteriores no son aplicables, ya que sus necesidades difieren de las empresas antes mencionadas.

c) *Se realizan economías de escala.* Se tienen pruebas [21] de que el costo unitario de manejo de información se reduce al ir incrementándose el tamaño y la potencia del equipo. Si se analizan los datos pertinentes se pueden plantear dos limitaciones a estas pruebas:

- Los costos mencionados no incluyen ningún aspecto relativo con el software: un sistema de tiempo compartido puede requerir para el propio sistema una parte considerable del tiempo disponible.
- Muchas veces el sistema está excedido en su capacidad; así, gran parte del tiempo no está en uso, pero el costo real se refiere a tiempo "disponible", por lo que el costo unitario efectivo aumenta con la reducción del uso del tiempo.

Otros aspectos de interés del tiempo compartido se refieren a la posibilidad de acercar al usuario a la computadora [22], facilitando así su manejo y reduciendo el tiempo de espera de aquél.

Recientemente se ha considerado la posibilidad de establecer un servicio público de cómputo, basado en el concepto de tiempo compartido [7]; sin embargo, este aspecto aún se encuentra en etapa embrionaria, especialmente en México, y aparentemente requerirá soluciones más complejas como son las redes de computadoras [8].

Algunos de los problemas de los grandes sistemas de tiempo compartido derivan de su dependencia de las líneas de comunicación. Esto implica cierta posibilidad de errores; en el caso de México, deben cubrirse diversos requerimientos legales, por ser de competencia exclusiva de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes todo lo referente a la transmisión de datos. Esto puede dar por resultado una dilución de responsabilidades entre los proveedores del servicio de la línea, de la terminal, de los *modems*, etcétera.

Cabe señalar que en México actualmente se precisa de una línea telefónica privada o un canal equivalente, si se requiere transmitir a velocidades altas. Esto representa un costo que no puede despreciarse.

Ventajas y limitaciones de la minicomputadora

La minicomputadora puede competir ventajosamente, en precio, con una terminal rápida, y resultar equivalente y más económica aún que terminales

comunes; incluso sin considerar el precio, tiene ventajas incuestionables para ciertas aplicaciones, sobre una conexión a un gran sistema de tiempo compartido:

a) Permite al usuario independencia y control absolutos sobre su operación, sus datos y la información que obtiene.
b) Ofrece la posibilidad de utilizar la máquina como terminal inteligente de un sistema mayor, o de conectarse mediante teleproceso en una red de gran potencia [23].
c) Permite, con gran facilidad, conectar terminales locales (y, eventualmente, remotas) en tiempo compartido para uso de diferentes personas en una misma institución.
d) Su costo no depende directamente del grado de utilización, como en muchos casos de sistemas de tiempo compartido, y generalmente puede adquirirse haciendo, por lo tanto, un solo gasto.
e) No tiene problemas de errores derivados de líneas de comunicación, ni se requieren permisos especiales.

Por otro lado, si se compara con un sistema comercial de tiempo compartido, la minicomputadora presenta varias limitaciones:

- Su capacidad de cómputo y de almacenamiento es limitada. Como ya se indicó, esta limitación es relativa, pues, además de lo ya mencionado, las minicomputadoras actuales tienen considerable capacidad de crecimiento.
- El soporte (software) no es tan amplio ni poderoso. Esta es una limitación real que se está superando con gran esfuerzo; sin embargo, casi todos los sistemas comerciales cuentan con los elementos necesarios para operar satisfactoriamente. En el caso de las microcomputadoras, esta limitación es casi inexistente, ya que el amplio mercado actual ha impulsado un desarrollo sin precedente de paquetes de software.
- El usuario lleva la responsabilidad total respecto al uso de su equipo y, a pesar del apoyo que pueda ofrecerle el proveedor, aquél es quien enfrenta el problema y sus consecuencias; en otras palabras, en un sistema de tiempo compartido el usuario puede apoyarse en el *software* existente, con mayor facilidad que en el caso de una minicomputadora.

Podría resumirse este análisis, indicando que no existe una solución universal y que cada usuario debe analizar su propio caso para resolverlo del modo más conveniente.

Como línea general puede decirse que un sistema de tiempo compartido es preferible para los usuarios que prevean:

a) Problemas poco frecuentes y poco voluminosos que requieren una gran memoria o una capacidad de cálculo sumamente grande o un almacenamiento en línea, muy extenso (más de 50-100 millones de caracteres).

b) La necesidad en todo momento de un software amplio o de lenguajes particulares, disponibles sólo en grandes equipos.

Además, debe analizarse la posibilidad de obtener con facilidad líneas de comunicación económicas y de alta calidad.

Por otro lado, una minicomputadora es preferible cuando el usuario prevé:

a) Un grupo de aplicaciones que pueden resolverse con una memoria pequeña, con capacidad de almacenamiento moderada y que no son afectadas por tiempos de respuesta ligeramente mayores, derivadas de una capacidad de cálculo mediana.
b) La conveniencia de contar con varias terminales locales para diferentes personas de la organización.

CONCLUSIONES

A manera de resumen de este Apéndice, se indica que las minicomputadoras y las microcomputadoras pueden poner a disposición de las empresas pequeñas y medianas una capacidad de manejo de información que, de otro modo, no hubiera sido accesible por costo, por disponibilidad de personal calificado y por otros requisitos de los sistemas convencionales. Si se considera que cerca del 97% de las 119 000 empresas industriales que hay en México son medianas o pequeñas, el impacto que se puede esperar, aun suponiendo que únicamente usen computadoras las industrias medianas, es enorme.

La minicomputadora y la microcomputadora representan soluciones adecuadas a la problemática de estas empresas, por su bajo costo y facilidad de operación, desde el punto de vista del equipo. No obstante, los sistemas y programas necesarios son un reto para los países en desarrollo, pues deben aprovechar de manera efectiva, no sólo con afán de lucro, las posibilidades que la computación ofrece.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pecujlic, Miroslav, *El porvenir que ha ha comenzado*, Ediciones Solaridad, México, 1970.
[2] Kenney, Donald, P., *Minicomputers: Low-cost Computer Power for Management*, AMACOM, División de la A. M. A., 1973.
[3] Eppler, Erhard, *"Technology for the Third World"*, Discurso del Ministro de Cooperación Económica de Alemania, ante la IV Conferencia de Instituciones Financieras del Desarrollo de UNIDIO, Berlín, 7 a 11 de julio, 1973.
[4] Kenney, D. P., obra citada.
[5] Minicomputer Survey, *Datamatation*, pág. 50, julio, 1974.
[6] *En América Latina, gran porvenir para las minicomputadoras, Progreso*, pág. 38, julio, 1971.
[7] Kenney, D. P., obra citada.
[8] Gruenberger F. y Babcock D., *Computing with Minicomputers*, pág. 213, Melville Publ. Co., Los Angeles, 1973.

[9] Minicomputer Survey,pág. 50.
[10] Coury, F. F., *A Systems Approach to Minicomputer* 1/0,pág. 679, Proc. AFIPS Spring Joint Computer Conference, 1970.
[11] Brun R., *Researchers Piineear Application Advances with Minis*, pág. 44, Infosystems, octubre, 1973.
[12] Dollhoff, Terry, L., "The Negative Aspects of Microprogramming", *pág.* 64, Datamatation, julio 1974.
[13] Clayton Richard, J., Delegi Bruce A. y Elia Shaoul, Rony, "Evolution Breeds a Minicomputer That Can Take on its Big Brothers", *Electonics*, 11 de octubre, 1971.
[14] Leis, Charles, T., "Microprogramming, ROM'S, Firmware and all that", pág. 98, *Hewlett Packard Journal*, octubre, 1971.
[15] Leis, Charles, T., *Minicomputer Hardware Architecture*, pág. 1535, Proc. of the IEEE, noviembre 1973.
[16] Chu, Yaohan, *Computer Organization and Microprogramming*, pág. 98, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1972.
[17] Dollhoff, Terry, L., obra citada, pág. 64.
[18] Stedman, John, "Microprogramability Lets User Tailor New Minicomputer to His Requirements", pág. 87, *Electronics*, 2 de mayo 1974.
[19] Yourdon, E., "Time Sharing for very small businesses, Computers and Automatation", pág. 38, vol. 18, núm. 11, octubre, 1969.
[20] Knight, K. E., "Changes in computer performance", pág. 40, *Datamatation*, vol. 12, 1966.
[21] Fano, R. M. y Corbato, F. J., "Time Sharing on Computer", pág. 77, *Information*, W. H. Freeman, San Francisco, 1966.
[22] Fitzgerald, B., "Standard Interfaces Promote New Minicomputer", pág. 123, *Networks*, septiembre, 1973.
[23] Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Estadística, *Censos Económicos Nacionales 1971*, México, 1971.

B

Registro unitario: las máquinas y sus funciones

Los sistemas de registro unitario, como cualquier otro sistema de información, realizan las siguientes funciones básicas: *recolección, conversión, trasmisión, almacenamiento, proceso, recuperación de información y reporte.*

En la tabla B.1 se sintetizan las diversas operaciones que se incluyen en cada función, y se indica el equipo que se utiliza en cada caso.

RECOLECCIÓN

En registro unitario la función de recolección por lo general se realiza manualmente, y consiste en obtener los datos necesarios para que el sistema opere y suministre la información requerida por el usuario. Podríamos decir que tal operación significa la obtención de documentos-fuente.

No se estudia aquí el problema de la definición de cuáles datos deben ser recolectados, ya que ésta es una función del diseño del sistema.

La recolección de datos en registro unitario puede hacerse de dos maneras: con *documentos convencionales* o con *modelos de tarjetas que sirven de documentos-fuente.*[1]

Documentos convencionales

Esta modalidad es la más usual. Se utiliza un documento convencional (en papel, cartulina, etcétera) para recolectar información: facturas, tarjetas de tiempo, cheques. La información que contiene el documento es convertida posteriormente a perforaciones en una tarjeta (perforada). Toda la operación de recolección es, en este caso, manual.

[1] *Véase* capítulo 5: Diferentes modelos de tarjetas.

Tabla B.1. Funciones y equipo de registro unitario.

Función	*Recolección*	*Conversión*			*Trasmisión*	*Almacenamiento*	*Proceso*			*Recuperación y reporte*	*Otras*
							Manipulación		*Cálculo (calculadora)*		
		Perforación (perforadora)	*Verificación (verificadora)*	*Reproducción (reproductora)*			*Clasificación (clasificadora)*	*Intercalación (intercaladora)*		*Tabulación (tabuladora)*	*Interpretación (intérprete)*
Subfunciones que se realizan	Generalmente en forma manual aunque pueden usarse algunos dispositivos mecánicos. Puede hacerse a través de: documentos convencionales, tarjetas de enlace o marcas sensibles	Perfora las tarjetas	Verifica la información perforada en las tarjetas	Reproducción simple, *gang punch*, perforación de marcas sensibles, impresión en extremo, perforación sumaria, comparación y emisión	Generalmente en forma manual auxiliado en algunos casos con sistemas y equipo de comunicación	En gavetas y archiveros para tarjetas perforadas	Clasificación numérica, clasificación alfabética, agrupamiento, selección	Fusión, igualación, fusión e igualación, selección, verificación de secuencia	Simple, en grupos, sumario, sumas cruzadas	Listado, resumen, indicación de grupo, perforación sumaria	Interpretación, impresión repetida, emisión, prueba, conteo

Tarjetas documento-fuente

En esta modalidad las tarjetas mismas contienen la información que ha de perforarse en éstas. Esto tiene la ventaja de permitir una operación de perforación más rápida y versátil, al mismo tiempo que los datos por procesar quedan registrados tanto para las máquinas como para el usuario en el mismo documento.

En el capítulo 5 se explicó el uso de tarjetas que son a su vez, documentos-fuente.

CONVERSIÓN

La función de conversión[2] en los sistemas de registro unitario es necesaria, ya que los procesos que se llevan al cabo con ellos requieren de una codificación especial. En el caso de registro unitario, la función de conversión se realiza simultáneamente a la de registro; esta última consiste en perforar en forma adecuada la información en una tarjeta. Podemos distinguir cuatro subfunciones en la función de conversión: *perforación, verificación, reproducción e interpretación* [2].

Perforación

Consiste en codificar los datos que contiene un documento-fuente, de acuerdo con un código predefinido, y perforarlos en una posición preestablecida en la tarjeta. Esta es la función típica del registro. Generalmente tal subfunción se realiza con una máquina especialmente diseñada para ello: la perforadora (ver fig. B.1) Ésta puede compararse a una máquina de escribir, con la diferencia de que utiliza tarjetas en lugar de hojas de papel; las tarjetas se perforan columna por columna y de izquierda a derecha. Esta máquina codifica automáticamente la información y la perfora en la tarjeta.

La perforadora también puede traducir en forma automática la codificación que se perforó en la tarjeta. Este proceso se realiza simultáneamente a la perforación; es decir, que al oprimir la tecla de una letra (por ejemplo, la H), si la tarjeta se encuentra lista para recibir la información en la columna 24, la máquina perforada en esa columna[3] la codificación correspondiente a la letra H (hileras 12 y 8 en el caso de código Hollerith), y simultáneamente escribirá la letra H en el borde superior de la tarjeta, en la posición de la columna 24.

Con objeto de facilitar el uso de la perforadora, esta máquina consta de un control de programa, el cual consiste de una tarjeta perforada que contiene,

[2] *Ver* capítulo 3: Conversión.

[3] Esto se aplica a la perforadora IBM 029. Otras marcas o modelos tienen una memoria en la que se guarda la información hasta que se completa una tarjeta; luego se perforan todas las columnas en una sola operación.

Figura B. 1. Perforadora de tarjetas.

en forma automática, indicaciones para saltar campos, duplicar campos y cambiar de perforación numética a alfabética.[4]

La perforación, a pesar de que se realiza con una máquina, puede considerarse como una operación de tipo manual ya que la máquina es operada por una persona, quien limita la velocidad y exactitud de la máquina. Esto implica que en la gran mayoría de los casos el proceso se vea limitado por la velocidad manual de perforación.

Uno de los graves problemas que se presentan en la perforación es el de los errores que inevitablemente comete el operador al perforar los datos. De ahí la necesidad de detectar los errores y corregirlos o asegurar la exactitud del registro; la función que trata de resolver este problema es la verificación.

Verificación [9]

Consiste en revisar la información que se perforó, para detectar los errores y asegurar la exactitud del registro. La corrección de los errores no entra en esta función, sino que se realiza al perforar nuevamente la información ya corregida en otras tarjetas. La verificación es complementaria a la perforación.

Generalmente se utiliza una máquina muy similar a la perforadora, llamada verificadora. La operación de esta máquina también es similar a la de la perforadora; se alimentan las tarjetas a la máquina y se marca en el teclado la información, leyéndola del documento-fuente; la máquina compara entonces la información que introduce el operador, con aquella que contiene la tarjeta previamente perforada. En caso de ser igual (es decir, correcta), continúa a la siguiente columna, y así hasta llegar a la última. Una vez verificada toda la tarjeta se marca con una muesca (ver fig. B. 3). Si la información que

[4] Actualmente en muchas perforadoras el programa de control se almacena en una memoria de núcleos magnéticos de la máquina.

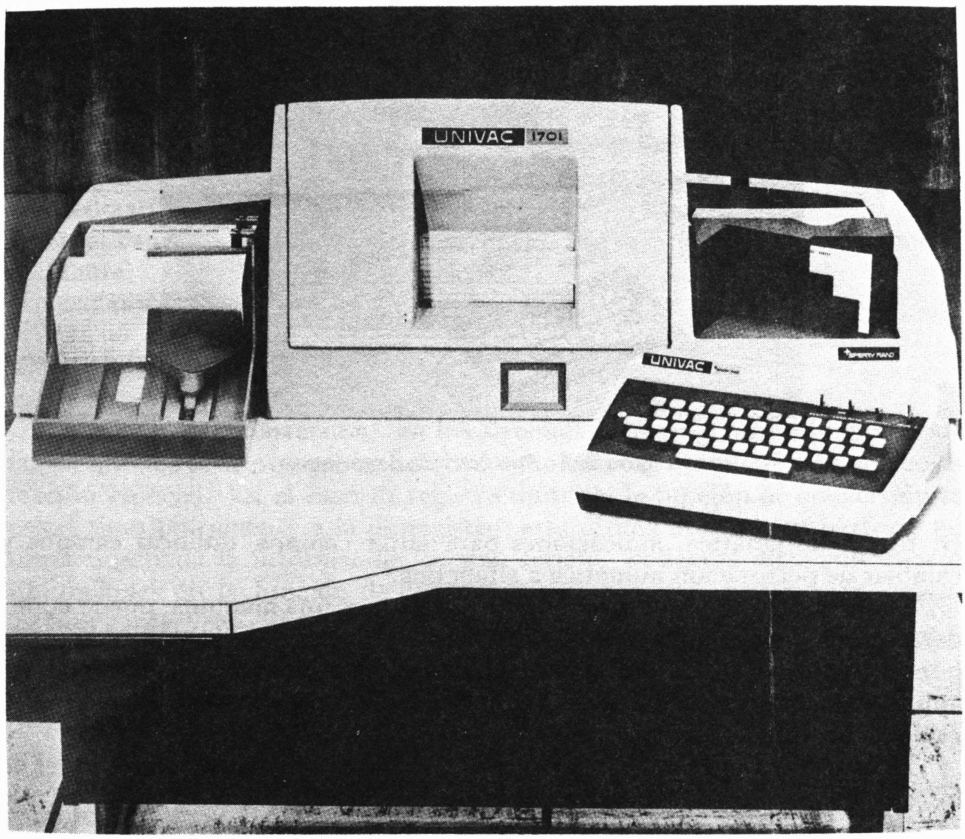


Figura B. 2. Registradora de tarjetas (perforadora-verificadora). (Cortesía de UNIVAC.)

introdujo el operador es diferente de la que contiene la tarjeta, la máquina se detiene y avisa al operador para que verifique la información que introdujo por el teclado y vuelva a probar; si después de probar tres veces, subsiste la diferencia, la máquina marca con una muesca la tarjeta en la columna que contiene el error (véase figura B. 3).

La verificación, junto con la perforación, constituye uno de los problemas más graves que afectan la velocidad de un proceso. Se recomienda, por tanto, verificar las tarjetas sólo en los campos más importantes, ya que hay algunos en los que un error no ocasiona trastornos graves; por ejemplo, si la dirección de un cliente se registra como "Insargentes 1230", en lugar de "Insurgentes 1230", no representa un problema grave comparado con el registro de un total a pagar de una factura de $52,375.00 en lugar de $25,375.00.[5]

[5] Hoy día existen máquinas que realizan ambas funciones: perforación y verificación. Esto se traduce en ahorro de espacio y mano de obra (*véase* figura B. 2).

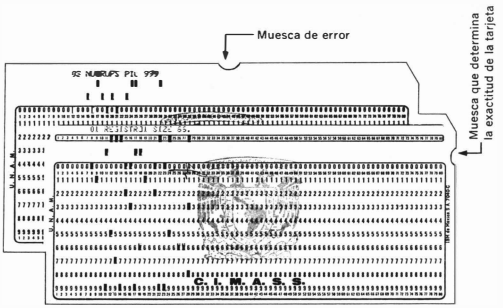


Figura B. 3

Reproducción

La reproducción consiste en copiar información de una tarjeta perforada, con objeto de obtener una o más tarjetas adicionales que contengan la información que nos interesa. La máquina que se utiliza comúnmente es la reproductora; que puede realizar siete operaciones básicas: *reproducción simple, "gangpunching" o perforación en grupo, perforación de marcas sensibles, impresión en extremo, perforación sumaria, comparación* y *emisión* [1].

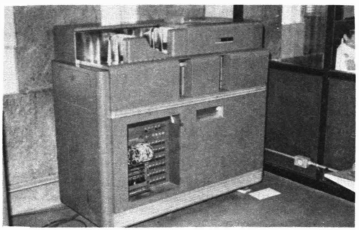


Figura B.4. Reproductora.

Las reproductoras cuentan generalmente con dos tolvas de alimentación y dos casilleros (ver fig. B. 4) que forman dos recorridos diferentes; uno para perforación, que posee además una estación de comparación, y otro para lectura. La máquina cuenta con un tablero de control (ver fig. B.5) que permite seleccionar la operación que hará la máquina y especificar los campos afectados.

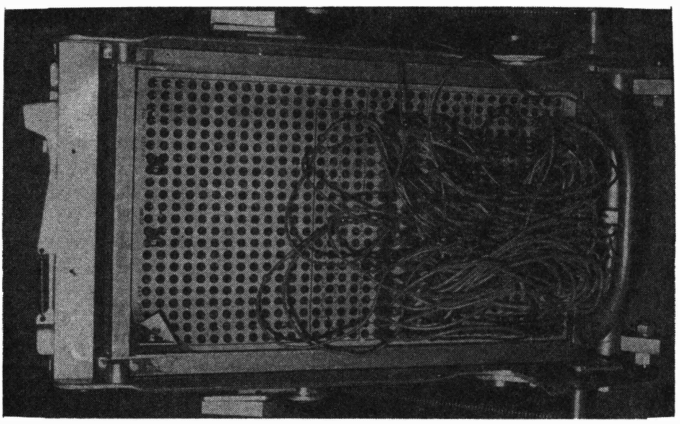


Figura B. 5. Tablero de control.

A continuación describiremos las operaciones indicadas.

1. **Reproducción simple** [1, 2, 4]. Como se indicó anteriormente, la reproducción es la operación por medio de la cual podemos perforar en un grupo de tarjetas una parte o toda la información que contiene otro grupo. Esta operación es importante ya que muchas veces se manejan archivos de tarjetas una y otra vez, con lo que las tarjetas se maltratan y se vuelven inservibles.

Esta aplicación implica una modalidad particular de reproducción conocida como reproducción 80/80; o sea, se copian las 80 columnas del original en tarjetas vírgenes, sin alterar el formato de la información.

Una submodalidad de la reproducción 80/80 es la que se conocen como rearreglo. En este caso se copia íntegra la tarjeta original rearreglando los campos; esto es, cambiando la posición que ocupa la información en la tarjeta.

Otra modalidad de reproducción es la reproducción parcial; en este caso se copian únicamente algunos de los datos de la tarjeta original.

Esta modalidad se usa mucho cuando es necesario perforar una información que ya se tiene en un archivo; por ejemplo, en una aplicación de nómina[6] podríamos copiar los datos: número de cuenta del IMSS, tarifa por hora, clave del RFC, etcétera, obteniéndolos del archivo maestro.

[6] En el apéndice C se incluyen dos ejemplos desarrollados; sin embargo, se deja al lector, como ejercicio, el desarrollo de un sistema de nómina simple.

2. **"Gangpunch"**, o perforación en grupo. Esta operación, a veces conocida también como *multiperforación*, consiste en copiar la información de una sola tarjeta en una o más tarjetas. Podemos distinguir dos modalidades: *multiperforación simple* y *multiperforación entremezclada*.

En ambos casos se utiliza una sola de las tolvas de la máquina: la que corresponde al lugar donde entran las tarjetas que se van a perforar. En la multiperforación simple se coloca, al principio de un grupo de tarjetas, una tarjeta *maestra* que contiene la información que se desea copiar en las demás. La máquina lee esta maestra y perfora los campos pertinentes en la tarjeta que sigue. Esta tarjeta posteriormente es leída por la máquina y considerada como maestra, por lo que la información se perfora en la tarjeta que sigue. Este ciclo continúa hasta que la información se haya perforado en todo el grupo de tarjetas.

La multiperforación entremezclada es una generalización de la multiperforación simple; en este caso se trata de perforar información contenida en varias tarjetas maestras en diferentes grupos de tarjetas. Se coloca cada tarjeta maestra frente al grupo de tarjetas al que se quiere perforar la información que contiene y se juntan los grupos así obtenidos para alimentarlos a la máquina. Para que pueda realizarse correctamente la operación es necesario, sin embargo, indicar a la máquina cuáles tarjetas son maestras para que no perfore nada en ellas y sirvan sólo para suministrar datos. Esto se logra poniendo una marca especial en las tarjetas maestras (por ejemplo, una perforación X en la columna 80).[7] Lo anterior permite que la reproductora, al leer esta marca, sepa que debe pasar esa tarjeta directamente a la estación de comparación sin perforarla.

3. **Perforación de marcas sensibles** La reproductora puede usarse para leer las tarjetas de marcas sensibles y perforar la información leída en la misma tarjeta.[8] En esta operación la máquina lee las marcas debido a que éstas son conductoras de electricidad (por haberse hecho con un lápiz especial). La ventaja de usar este procedimiento de registro es que se eliminan las operaciones de perforación y verificación manuales.[9] Las tarjetas para marcas sensibles son especialmente útiles para registrar cantidades y cifras, pero no son convenientes para información de tipo alfabético.

4. **Impresión en extremo.** Algunos modelos de reproductora pueden realizar una operación especializada consistente en *imprimir* hasta ocho dígitos en el extremo de la tarjeta. Estos dígitos se pueden leer de la misma tarjeta o de otra que se encuentre en la estación de la lectura de la máquina.

5. **Perforación sumaria.** Conectada con una máquina tabuladora, la reproductora puede perforar resultados obtenidos en aquélla. Una aplicación, por ejemplo, es en un resumen diario de ventas; la tabuladora puede obtener ventas por producto, diariamente. Si estos datos se perforan, a fin de mes re-

[7] Una perforación X es una perforación en la hilera 11 de la tarjeta 8.

[8] Debe aclararse que la reproductora no viene equipada para realizar esta operación, por tanto, se requiere contratar con el fabricante uno o más módulos que permiten a la máquina hacer esta operación.

[9] Este procedimiento de leer marcas sensibles hoy día ha sido adaptado para su uso por computadora. Asociado a ésta es posible, por medio de un lector de documentos con marcas sensibles, enviar directamente a la computadora los datos que de esta manera han sido registrados.

sultará más fácil tener un resumen de ventas por producto para todo el mes (sumando las ventas diarias por producto contenidas en las tarjetas sumarias).

6. Comparación. La reproductora puede comparar la información perforada en una tarjeta con la información de la original. Esta operación es equivalente a la verificación y permite asegurar una mayor exactitud en los datos reproducidos. Cuando se detecta un error, la máquina se detiene e informa al operador de la existencia del mismo.

7. Emisión. Adicionando a la reproductora un dispositivo especial llamado *emisor*, la máquina puede generar impulsos que permitan perforar marcas especiales, números de serie, etcétera. Esta información podría multiperforarse, pero requiere de una tarjeta maestra. La emisión puede realizarse como una operación independiente o simultáneamente a una operación de reproducción o multiperforación.

Interpretación [9]. Muchas veces es necesario que una persona lea directamente la información contenida en las tarjetas; esto requiere que todos los involucrados en el sistema conocieran la codificación de las tarjetas. Como tal cosa sería muy difícil de conseguir, se pensó en una máquina capaz de traducir las perforaciones de éstas en escritura normal en la misma tarjeta. Esta máquina se conoce como *intérprete* y puede escribir hasta 25 líneas en una tarjeta perforada, pero debe pasarse la tarjeta por la máquina una vez por cada línea de impresión.[10] Algunos accesorios pueden ampliar la gama de operaciones realizadas por la máquina:

Impresión repetida. Permite leer información en una tarjeta maestra e imprimirla en las tarjetas de detalle.

Emisor. Permite generar símbolos especiales y otros caracteres para ser impresos además de los caracteres perforados en las tarjetas.

Dispositivo de prueba. Detiene la operación de la máquina si se detecta un error de impresión.

Contador. Permite contar las tarjetas interpretadas.

Además de utilizarse para facilitar la interpretación de las tarjetas, la intérprete permite elaborar facturas, cheques y otros documentos en las mismas tarjetas, automatizando la elaboración de este tipo de documentos y su posterior procesamiento.

TRASMISIÓN

En el caso de registro unitario, tradicionalmente la trasmisión consiste en transportar manualmente grupos de tarjetas de un archivo a una máquina; de una máquina a otra, o de una máquina a un archivo; sin embargo, con el desarrollo de equipos electrónicos, actualmente se puede trasmitir información contenida en un grupo de tarjetas perforadas, a localidades remotas por medio de ondas de radio, líneas telegráficas o telefónicas.

[10] En la intérprete de IBM, la capacidad de impresión de una línea es de 60 caracteres.

ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de la información en registro unitario se logra en la misma tarjeta. Se juntan estas en grupos con información relacionada para formar archivos que pueden guardarse en gavetas.

Es importante notar que uno de los principales problemas en el almacenamiento de tarjetas perforadas lo constituye la humedad; por tanto será conveniente guardarlas en un lugar seco.

Debe tratarse de almacenar los archivos en forma lógica para facilitar su recuperación posterior. Para esto se les puede considerar por orden alfabético, por aplicación, por fecha, por tipo de datos, por tipo de archivo, etcétera. En realidad existen varias técnicas para organizar archivos, las cuales pueden consultarse en libros y manuales especializados.

PROCESOS DEL REGISTRO UNITARIO

Podemos distinguir dos tipos de proceso en registro unitario: *manipulación* y *cálculo*. La manipulación consiste en el manejo físico de los archivos con objeto de arreglar la información que contienen en una forma conveniente; el cálculo consiste en efectuar operaciones aritméticas sobre los datos.

Manipulación

Consideramos dos de sus funciones: *a*) *clasificación* y *b*) *intercalación*.

Clasificación [9]

La función de clasificación permite disponer un archivo en un cierto orden: alfabético o numérico. Ésta ha sido una función importante en el proceso de datos. La máquina que realiza esta operación es la clasificadora, que lee una sola columna por tarjeta cada vez que un grupo de éstas pasa a través de ella –llamaremos a esto una "pasada"– y envía la tarjeta a uno de los 13 casilleros de salida de la máquina; dependiendo de la información contenida en la columna leída, hay un casillero para recoger tarjetas con perforación en la hilera 9, otro casillero para las tarjetas con perforación en la hilera 8, y así sucesivamente para tarjetas con perforaciones 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, 11 y 12 y un último casillero (R) para rechazo; o sea, tarjetas que no tienen perforaciones en la columna leída. Esta máquina puede lograr las siguientes operaciones:

a) *Clasificación numérica.*
b) *Clasificación alfabética.*
c) *Selección.*
d) *Agrupamiento.*

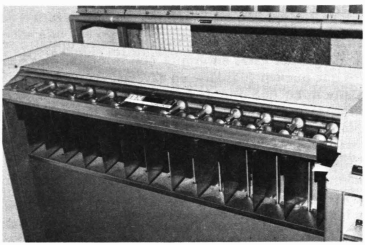


Figura B. 6. Clasificadora.

Clasificación numérica. En esta clasificación la máquina lee la parte de digítos de la tarjeta y la envía al casillero correspondiente. Existen dos modalidades: *clasificación simple* y *clasificación por bloques.* En el primer caso se clasifican las tarjetas de la forma siguiente: se pasan por la máquina leyendo el dígito de la extrema *derecha* (el que corresponde a las unidades); se retiran manualmente y se colocan en la parte inferior las que se encuentren en el casillero "0"; encima de éstas se colocan las que están en el casillero "1", después las del "2" y así sucesivamente. El grupo así formado se pasa otra vez por la máquina, leyendo ahora el dígito que corresponde a las decenas; se retiran las tarjetas igual que antes y vuelven a pasarse leyendo el dígito de centenas, millares, etcétera, (véase fig. B. 7) hasta llegar al dígito correspondiente a la extrema izquierda del campo que se desea clasificar.

La clasificación por bloques se utiliza cuando el archivo es muy grande, y consiste en dividirlo en varios bloques fácilmente manejables y que pueden procesarse independientemente en otras clasificadoras de la instalación. La división por bloques se realiza clasificando una sola vez *todo* el archivo, según el dígito de la extrema *izquierda* del campo que nos interesa. Como resultado de esto, obtenemos 10 bloques de tarjetas correspondientes a los casilleros 0 a 9. Podemos ahora clasificar cada bloque independientemente de los demás, como se indica en la clasificación simple (empezando por la extrema derecha del campo) y juntar después los diferentes bloques para formar el archivo clasificado. Esta modalidad es indispensable en los casos que se requiera procesar rápidamente un archivo muy grande.

Algunas veces se trata de clasificar un archivo de acuerdo con varios campos; por ejemplo, clasificar un archivo de ventas por producto, vendedor y estado. Se trata de que el número de artículo se encuentre ordenado para cada vendedor; al número de artículo en este caso, se le conoce como campo *menor*; el número de vendedor deberá estar en orden dentro de cada estado y

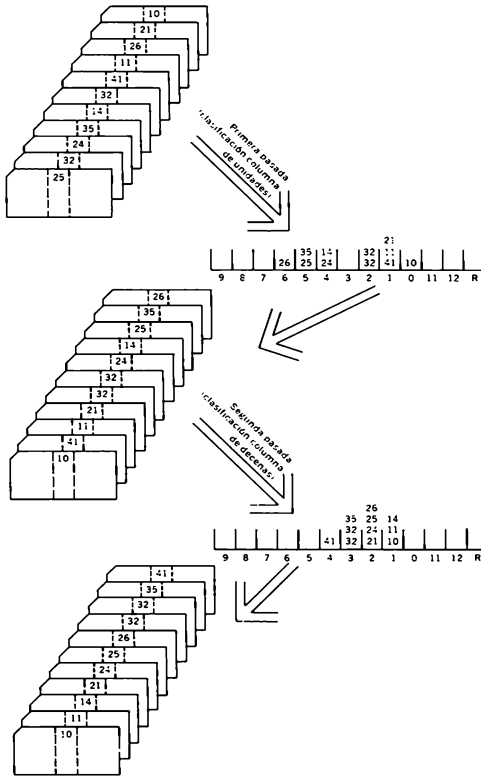

10
21
26
11
41
32
14
35
24
32
25
Primera pasada
clasificación columna
de unidades.
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 11 12 R
26
35
25
14
24
32
32
21
11
41
10
Segunda pasada
clasificación columna
de decenas.
9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 11 12 R
41
35
32
32
26
25
24
21
14
11
10

Figura B.7

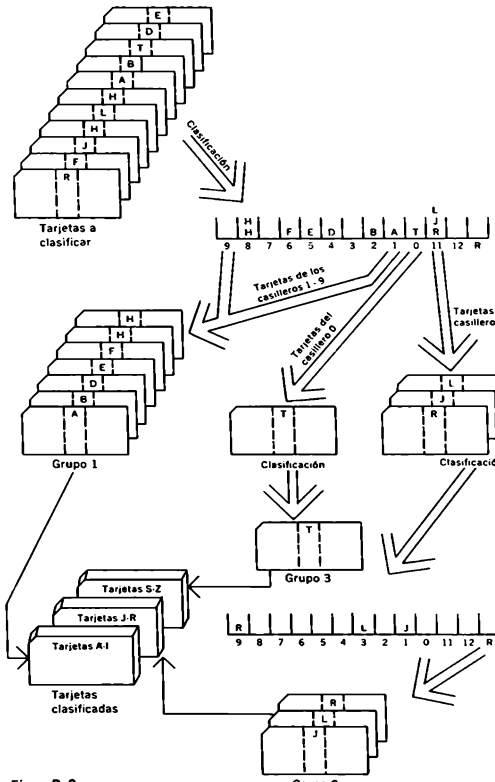

Tarjetas a clasificar
Clasificación
Tarjetas de los casilleros 1 - 9
Tarjetas del casillero 0
Tarjetas d casillero 1
Grupo 1
Clasificación
Clasificación
Grupo 3
Tarjetas S-Z
Tarjetas J-R
Tarjetas A-I
Tarjetas clasificadas
Grupo 2

Figura B. 8

por tanto, se le conoce como campo *intermedio*; el número del estado se encontrará por orden, pero no será parte de otra subdivisión, por lo que se le conoce como campo *mayor*.

El proceso de clasificación consistirá en clasificar primero por el campo menor, después por el campo intermedio y por último por el campo mayor.

Clasificación alfabética. Utiliza la parte de dígitos y la parte de zona de las tarjetas y requiere, por tanto, varios pasos para cada columna. El número de éstos depende del modelo de clasificadora, por lo que describiremos el procedimiento que se usa en una máquina de tipo mediano.[11] Se describe la clasificación de una sola columna (ver fig. B.8) y se entiende que un campo de varias columnas podrá clasificarse comenzando por la de la extrema derecha.

El primer paso de clasificación consiste en pasar el archivo por la clasificadora. El resultado de esta primera pasada dejará las tarjetas de la A a la I en los casilleros 1 a 9; aquellas que tienen una perforación 11 (de la J a la R) quedarán en el casillero 11, y las que tienen una perforación 0 (S-Z) quedarán en el casillero "0". A continuación se retiran las tarjetas, comenzando con el casillero 1, 2, etcétera, hasta el 9; éstas ya se encuentran clasificadas en la columna de que se trate y se guardan hasta terminar la clasificación de las restantes. Las tarjetas que se encuentran en el casillero 11 se vuelven a pasar por la máquina una segunda vez, y quedan ahora en los casilleros 1 a 9; se retiran en el mismo orden (primero el casillero 1, 2, etc.) y se guardan detrás de las tarjetas de la A a la I. Las que habían quedado en el casillero 0 se pasan por segunda vez y la máquina las envía a los casilleros 2 a 9; se retiran en el orden acostumbrado y se colocan detrás de las ya clasificadas.

Según la descripción anterior, resulta obvio que la clasificación alfabética es más tardada que la numérica; además, generalmente los campos alfabéticos son más grandes que los numéricos por lo que se recomienda usar claves numéricas en lugar de descripciones alfabéticas, siempre que sea posible.[12]

Selección. La selección consiste en separar de un archivo las tarjetas con una característica particular; por ejemplo, de un archivo de personal seleccionar todos los individuos que ingresaron a la empresa antes de 1955, con objeto de darles un diploma. Si las tarjetas del archivo de personal contienen un campo que indique la fecha de ingreso, fácilmente se obtendrán por medio de la clasificadora, las tarjetas correspondientes a los miembros que nos interesan.

Agrupamiento. Consiste en juntar las tarjetas que contienen la misma información en un campo determinado; por ejemplo, si queremos calcular el total de ventas por agente de un archivo especilizado, con objeto de pagar comisiones, es necesario agrupar las tarjetas de ventas para cada vendedor, a fin de hacer las sumas. El agrupamiento se logra, en este caso al clasificar las tarjetas por la clave del vendedor.

[11] En esta descripción en particular se describe la operación de la clasificadora IBM 083.
[12] Una ventaja adicional del uso de claves es el ahorro en espacio necesario en las tarjetas.

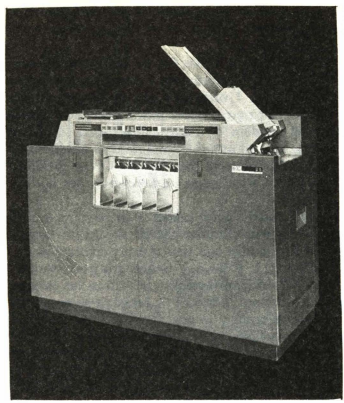


Figura B. 9. Intercaladora (Cortesía de IBM de México).

Intercalación

La función de intercalación estriba en mezclar dos archivos o, visto de otro modo, poner en cierto orden dos archivos simultáneamente. La máquina que realiza esta función se conoce como *intercaladora* o *cotejadora*; está constituida por dos tolvas de alimentación (llamadas primaria y secundaria) y cuatro a cinco casilleros, dependiendo del modelo. Existen dos tipos de máquinas: numéricas y alfabéticas. Se discutirá una máquina con cinco casilleros de tipo numérico. Los casilleros se numeran de 1 a 5; a los casilleros 1 y 2 sólo pueden llegar tarjetas del depósito secundario; al casillero 3 pueden llegar tarjetas de ambos depósitos.

La intercaladora logra efectuar las siguientes operaciones: [9]

a) *Fusión.*
b) *Igualación.*
c) *Fusión e igualación.*
d) *Selección.*
e) *Verificación de secuencia.*

Fusión

La fusión consiste en tomar dos archivos en secuencia y mezclarlos de modo que el archivo resultante quede ordenado en la misma forma. Uno de ellos se deposita en la tolva de alimentación primaria y otro en la secundaria; la máquina lee las tarjetas de ambos archivos, compara ambos números y envía la tarjeta con el número más pequeño al casillero 3. Cuando ambas tarjetas son iguales, envía primero la tarjeta del archivo primario.

Esta operación puede lograrse también con la clasificadora, pero requiere reclasificar ambos archivos juntos tantas veces como columnas tenga el campo que nos interesa. La intercaladora es más conveniente debido a que puede fusionar ambos archivos en una sola pasada y, aunque la intercaladora es más lenta, resulta conveniente cuando la intercalación se hace con base en un campo de varias posiciones.[13]

Igualación

La igualación consiste en comparar dos archivos y en separar las tarjetas que no coinciden. Las del archivo primario van al casillero 2 si corresponden con una tarjeta del archivo secundario; en caso contrario van al casillero 1. Las tarjetas del archivo secundario van al casillero 4 si coinciden con el archivo primario y al 5 en caso contrario.

Fusión e igualación

Esta operación combina las dos anteriores y consiste en fusionar en el casillero 3, las tarjetas que corresponden entre sí de dos archivos, mientras que las tarjetas primarias que no coinciden con las secundarias van al casillero 1, y las secundarias que no coinciden con las primarias se envían al 5.

Selección

Esta operación consiste en separar de un archivo las tarjetas con características particulares. Pueden distinguirse tres modalidades:

1. Selección de tarjetas con una marca especial; por ejemplo, las tarjetas con una perforación en la hilera 11 de la columna 80.[14]
2. Selección de tarjetas con balance de ceros; o sea, que tienen ceros en un campo determinado. Esta aplicación es útil, por ejemplo, para seleccionar tarjetas de clientes que han pagado, que tienen un saldo igual a cero.

[13] Debemos hacer notar que la intercaladora puede leer más de una columna al mismo tiempo.
[14] A esto se le llama selección por X baja, o por X simplemente.

3. Selección entre límites; es decir, se separan las tarjetas que en un campo determinado tienen perforado un número que se encuentra entre un valor mínimo y un máximo.

Nótese que la selección es la única función de la intercaladora que no requiere que el archivo se encuentre en una secuencia dada.

Verificación de secuencia

Dada la importancia que tiene la secuencia adecuada de los registros en el archivo, para el buen funcionamiento de la intercaladora, existe la posibilidad de asegurarse de que los archivos se encuentran en orden. Se pueden tener dos tipos de secuencia: *ascendente* y *descendente*. La máquina puede verificar que el archivo se encuentre en cualquiera de ellas y, en caso contrario, detener la operación para que cualquier situación anómala sea corregida.

La verificación de secuencia puede hacerse en forma independiente o simultánea a otras operaciones de la máquina.

CÁLCULO

La función de cálculo se lleva a cabo utilizando la llamada máquina calculadora. Esta máquina puede leer la totalidad del contenido de una tarjeta y tiene capacidad propia de almacenamiento. Los resultados de los cálculos son perforados por la misma máquina sobre la misma tarjeta perforada o sobre otra tarjeta.

Las operaciones aritméticas que puede realizar la calculadora son: suma, resta, multiplicación y división.

Pueden distinguirse los siguientes tipos de cálculos [4]:

a) *Simple.*
b) *En grupos.*
c) *Sumario.*
d) *Sumas cruzadas.*

Cálculo simple

Consiste en utilizar una sola tarjeta para todo el proceso de cálculo; por ejemplo, en el cálculo de una nómina se alimentan a la calculadora tarjetas que contienen las horas trabajadas y el sueldo por hora; la máquina lee estos datos, calcula el producto y perfora el resultado en algún campo predefinido de la tarjeta.

Cálculo en grupos

En este caso se usan datos que no están contenidos en las tarjetas que se procesan. Por ejemplo, si en el cálculo de una nómina tenemos variosemplea-

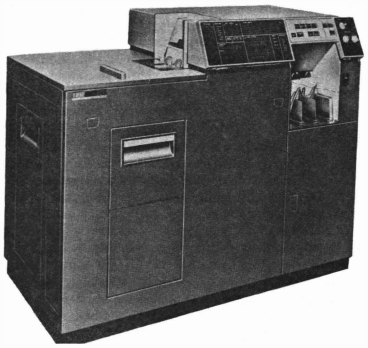


Figura B. 10. Calculadora (Cortesía de IBM de México).

dos con la misma tarifa, bastará con introducir una tarjeta maestra que contenga la tarifa al principio del archivo; la máquina lee este número, lo almacena y lo utiliza para multiplicarlo por las horas trabajadas que se indican en cada tarjeta. El resultado de la multiplicación se perfora en la tarjeta correspondiente a cada empleado.

Cálculo sumario

La calculadora puede ir acumulando resultados parciales en una memoria llamada *acumulador* o *registro* y, al final de la operación, perforar tarjetas sumarias con el total acumulado de toda la operación; por ejemplo, en el caso de la nómina, la máquina puede acumular el total a pagar de cada empleado, después de haberlo calculado. Al terminar de calcular el sueldo del último empleado puede perforar en una tarjeta el total de sueldos a pagar. Esta operación se conoce como cálculo sumario.

Sumas cruzadas

Se trata de una modificación del cálculo sumario que amplía el potencial de aplicación de la calculadora. El objetivo es obtener varios totales que per-

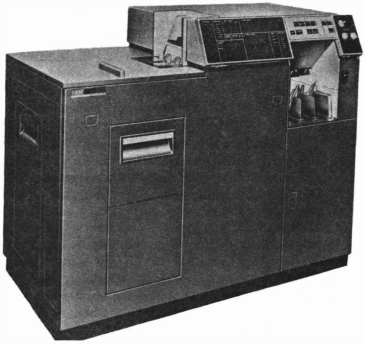


Figura B. 10. Calculadora (Cortesía de IBM de México).

dos con la misma tarifa, bastará con introducir una tarjeta maestra que contenga la tarifa al principio del archivo; la máquina lee este número, lo almacena y lo utiliza para multiplicarlo por las horas trabajadas que se indican en cada tarjeta. El resultado de la multiplicación se perfora en la tarjeta correspondiente a cada empleado.

Cálculo sumario

La calculadora puede ir acumulando resultados parciales en una memoria llamada *acumulador* o *registro* y, al final de la operación, perforar tarjetas sumarias con el total acumulado de toda la operación; por ejemplo, en el caso de la nómina, la máquina puede acumular el total a pagar de cada empleado, después de haberlo calculado. Al terminar de calcular el sueldo del último empleado puede perforar en una tarjeta el total de sueldos a pagar. Esta operación se conoce como cálculo sumario.

Sumas cruzadas

Se trata de una modificación del cálculo sumario que amplía el potencial de aplicación de la calculadora. El objetivo es obtener varios totales que per-

mitan verificar los cálculos efectuados; por ejemplo, en el caso de la nómina puede obtenerse un total de sueldos a pagar. Al finalizar se perforan los tres totales y se hace la operación siguiente: total de sueldos brutos menos total de descuentos, y el resultado debe ser igual al total de sueldos a pagar.

Índice

Después de definir el marco de clasificación que se utilizará, se procede a agrupar las características distintivas para formar un índice. El índice normalmente está separado de los datos o documentos que forman el archivo, de modo que pueda buscarse más fácilmente lo que se desea.

Formación del archivo

El paso siguiente es formar el archivo y mantenerlo. Existen tres posibilidades en registro unitario para formar el archivo:

a) *Con tarjetas de índice.*
b) *Con tarjetas de información.*
c) *Con tarjetas de microfilme.*

En el primer caso se perforan los datos necesarios para identificar el documento original, así como los identificadores o claves. Estas tarjetas forman un índice del que pueden ser seleccionadas las que tengan ciertas características. Así, si contamos con una tarjeta para cada libro en una biblioteca y se necesitan obras sobre análisis de estados financieros, se separarán las tarjetas que tengan la clave de esta materia, las cuales indicarán la ubicación de los libros que nos interesan.

En el caso de tarjetas de información, se perforan los datos relevantes en la misma tarjeta (por ejemplo, si se quiere saber cuánto ha vendido durante el mes la sucursal X se seleccionarán las tarjetas de venta de esta subsidiaria para este mes y se obtendrá la suma de éstas).

Las tarjetas de microfilme se usan como las de índices, pero al obtenerlas se tiene ya la información requerida, basta sólo usar un dispositivo que permite ampliar los microfilmes a fin de que puedan ser leídos por una persona. Este método es muy conveniente para tener a la mano reportes y documentos redactados o que se requieren en su forma original. Hay algunos otros procedimientos que logran esta función mediante cintas o cartuchos de película de microfilme, pero los principios son los mismos.

Las máquinas que se pueden aplicar para recuperación de información son la clasificadora y la intercaladora, por medio de la operación de selección.

REPORTE

Su función es presentar en forma escrita los resultados de un proceso. La definición del formato del reporte y de su contenido deberán ser decididos por el usuario, con objeto de que la información resulte lo más útil posible.

No se verá en esta parte el estudio detallado de este aspecto.

La máquina que realiza esta función es la *tabuladora* o *máquina de contabilidad* [9]. Esta máquina lee tarjetas perforadas, tiene una capacidad limitada de cálculo[15] y puede imprimir resultados en papel y perforarlos en tarjetas con el auxilio de la reproductora.

Los diferentes modelos de tabuladores utilizan también diferentes métodos de impresión, pero la mayoría de ellas utilizan lo que se conoce como *impresión en paralelo*, que consiste en imprimir simultáneamente toda una línea, a diferencia de la *impresión en serie*, en la cual se imprime una sola letra a la vez. La impresión en paralelo permite obtener una mayor velocidad. Otro aspecto interesante del diseño de estas máquinas es el mecanismo de transporte del papel. Dicho mecanismo se encarga de avanzar el papel conforme va siendo necesario, da los espacios que se requieren y transporta el papel hasta donde se inicia una nueva hoja.[16] Esto se logra al utilizar una cinta de papel en la cual es posible hacer perforaciones (ver fig. B. 11).

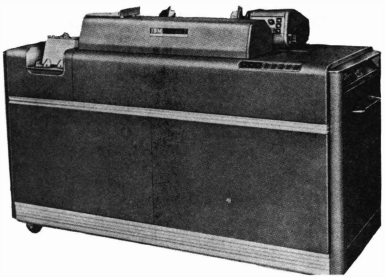


Figura B. 11. Máquina tabuladora (Cortesía de IBM de México).

[15] Generalmente, sólo puede realizar sumas, restas y acumulación de resultados en registros propios.

[16] Debe indicarse que estas máquinas generalmente se usan con formas continuas, o sea, preimpresas, que vienen en un rollo continuo de papel y que pueden separarse una de otra gracias a preperforaciones del papel. Por tanto, al decir que avanza el papel hasta una nueva hoja, se quiere indicar que se avanza hacia la primera posición de impresión de la forma que sigue en el rollo.

Esta cinta se corta al tamaño de la hoja de papel de que se trate y tiene, generalmente, doce canales o posiciones horizontales donde puede hacerse una perforación. Cada canal se utiliza para una función específica; así el canal 1 se utiliza para indicar la primera línea de una hoja nueva, el canal 12 para indicar la última línea de impresión de una hoja, etcétera.

La cinta de control se conecta de forma que avance al mismo tiempo que la hoja de papel, para lo cual cuenta con una serie de perforaciones centrales. Además de la cinta de control, se utiliza el tablero de la máquina para controlar el formato de impresión.

Generalmente se puede dividir un reporte en dos partes: el *encabezado* y el *cuerpo*. En el primero se incluyen datos de tipo fijo o constante que casi siempre se obtienen de tarjetas maestras, mientras que en el cuerpo del reporte se insertan los datos variables obtenidos de las tarjetas de detalle.

Por otro lado, podemos distinguir varias formas de impresión:

Impresión detallada o listado. En esta modalidad, cada vez que se lee una tarjeta se imprime una línea. Puede también, después de cada grupo, imprimirse una línea de totales. Cabe aclarar que no es necesario imprimir todo el contenido de la tarjeta; aun cuando se imprima sólo una parte se le llamará listado.

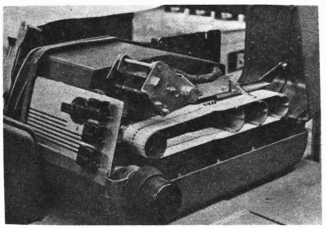


Figura B.12. Control de carro de la impresora de la tabuladora.

Resumen o impresión de grupo. Se imprime una línea cada vez que se ha leído un grupo de tarjetas. En este caso se imprimirán únicamente los totales o resúmenes de cada grupo.

Indicación de grupo. Se utiliza cuando se requiere eliminar datos repetidos y mejorar la presentación del reporte. Es similar al listado, pero los datos que se repiten en cada línea se imprimen sólo al inicio de cada grupo.

Con respecto a los totales, la máquina puede acumular varios subtotales

e imprimirlos a medida que van siendo necesarios (según se defina en el tablero de control); así, podemos tener tres tipos de totales: totales *menores*, *intermedios* y *mayores*. La máquina podrá, por ejemplo, en una análisis de ventas, imprimir subtotales de ventas de cada artículo por cada vendedor, subtotales de ventas por cada vendedor en cada estado, subtotales de ventas por cada estado y un total de todos los estados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Abrams, Peter y Corvine, Walter, *Elementos de proceso de datos*, CECSA, México, 1970.

[2] Arnold, Robert R., Hill, Harold G. y Nichols, Aylmer V., *Sistema moderno de procesamiento de datos*, Editorial Limusa, México.

[3] Awad, Elías M., *Proceso de datos en los negocios*, Editorial Diana, México, 1970.

[4] Cashman, Thomas J. y Keys, William J., *Data Processing and Computer Programming*, Canfield Press, San Francisco, 1971.

[5] Davis, Gordon B., *Principios de procesamiento de datos*, Editorial Trillas, México, 1983.

[6] Eurequip, *Iniciación al computador*, (Enseñanza programada), Editores Técnicos Asociados, S. A., Barcelona, 2a. edición, 1970

[7] IBM, *Manual de información general*, Introducción a los sistemas IBM de procesamiento de datos, Forma C10-6010.

[8] IBM Argentina, *Sistematización de datos*, Las máquinas y sus funciones, Forma 5224-8202-3.

[9] IBM México, *Programa de estudio personal*, Principios de procesamiento de datos con tarjetas perforadas, Formas 5320-1443; 5320-1444; 5320-1445; 5320-1446; 5320-1447; 5320-1448; 5320-1449.

[10] Laden, H. N. y Gildersleeve, T. R., *Diseño de sistemas de computación*, Limusa, México, 1971.

[11] Laurie, Edward J., *Modern Computer Concepts*, South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio, 1970.

[12] Pilorge, René, *Comprendre L'informatique*, Ce qu'il vous faut savoir, J. Delmas et Cie, París, 1969.

[13] Sander, Donald H., *Computers and Management*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1970.

[14] Schmidt, Richard N. y Meyers, William E., *Electronic Business Data Processing*, Holt, Riberhart & Winston, Nueva York, 1963.

[15] Vieweg, Rolf, *Proceso electrónico de datos*, Sagitario, S. A., Barcelona. 1969.

C

Aplicaciones del registro unitario

Los equipos descritos en el apéndice C, para el proceso de datos con el registro unitario, rara vez se usan en forma independiente. Por lo general se requiere el uso de dos o más de los equipos mencionados para resolver una aplicación; para esto, deben considerarse tres aspectos diferentes[10]:

Funciones de oficina

Se refieren al trabajo que debe realizarse para obtener, manipular y archivar los documentos-fuente. Se incluyen en esta categoría todas las labores manuales que permiten obtener los documentos-fuente que se utilizarán en el proceso, así como los diversos controles, autorizaciones, revisiones y otros que se requieran para validar los documentos-fuente antes de que éstos entren al proceso mecanizado.

Funciones de operación

Son las que se refieren al manejo físico del equipo. Se inician generalmente con la perforación y verificación de datos, y se continúa con el proceso necesario para obtener los resultados previstos.

Funciones de diseño y documentación del proceso

Estas funciones corresponden, en parte, a la planeación y resolución del problema planteado por la aplicación, y pueden distinguirse las siguientes subfunciones:

Estudio y definición del reporte

Con esta subfunción se pretende definir los objetivos que se persiguen con la aplicación. Por lo general se trata de obtener un reporte; en este caso debe buscarse contestación a las siguientes preguntas:

a) ¿Qué información debe estar incluida en el reporte?
b) ¿Cuál debe ser el formato?
c) ¿En qué secuencia deben presentarse los datos?
d) ¿Cuáles deben ser los encabezados, los totales, subtotales, controles, etcétera?
e) ¿Quién(es) lo recibirá(n) y usará(n)?
f) ¿Cada cuánto tiempo se requiere?
g) ¿Qué prioridad debe tener en relación con otros reportes?
h) ¿Existen otros reportes que en un futuro pueden derivarse de éste?
i) ¿Qué relación tiene este reporte con otros ya elaborados?

Estudio y definición de documentos-fuente

Una vez definidos los objetivos —las salidas— es necesario estudiar los datos disponibles en los documentos-fuente o en archivos de tarjetas perforadas si éstos ya existen. Debe asegurarse que los documentos-fuente contengan todos los datos requeridos, por medio de la aplicación en un formato adecuado. Si el documento-fuente no contiene todos los datos, o los contiene en un formato inconveniente, debe modificarse o crearse uno nuevo.

Diseño de las tarjetas

Si los datos que se necesitan para la aplicación no se encuentran ya disponibles en tarjetas, deberán diseñarse éstas y determinar cuáles datos deben perforarse y cómo deben ser perforados (en qué orden se perforarán y cuantas columnas ocupará cada dato). En este punto puede recurrir el lector a las consideraciones que se hicieron en el capítulo 5 sobre el diseño de tarjetas.

Definición del proceso

Es necesario, una vez definidas las entradas y salidas, establecer cómo serán manejadas las tarjetas para poder lograr los resultados previstos; esto es, debe determinarse cuáles pasos se deben seguir, cuáles de éstos pueden ser realizados mecánicamente, y establecer las operaciones que realizará cada máquina en particular.

Elaboración de programas

Una forma conveniente de describir el proceso definido en el inciso anterior es por medio de un *diagrama de flujo*, que consiste en una descripción gráfica del proceso por medio de símbolos. En la figura 2.7 se muestran los símbolos más, usados; nótese, sin embargo, que estos símbolos, a causa de haber sido definidos arbitrariamente —por convención— pueden no resultar universales. Esto significa que es posible encontrarse diagramas que usen una simbología diferente.

Los diagramas cumplen varias funciones de gran importancia: permiten tener un registro permanente de los procesos, simplifican la comunicación y el entendimiento entre los analistas, operadores y usuarios del sistema y logran analizar con mayor objetividad un proceso dado. Con objeto de que los diagramas cumplan plenamente con su función es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

a) Todos los trabajos repetitivos deben estar objetivamente representados en un diagrama.
b) La nomenclatura, los símbolos usados, etcétera[1] deben ser uniformes en todos los diagramas siempre que sea posible.
c) Los diagramas deben ser claros y lo bastante descriptivos como para que cualquier interesado los comprenda.
d) Se debe tratar de omitir detalles excesivos que puedan oscurecer el proceso principal.
e) Se recomienda el uso de referencias (con letras o números) a otros documentos que describan o aclaren detalles del proceso.

En un diagrama de este tipo se muestran tanto los documentos, archivos y tarjetas que se usarán, como los equipos que procesarán estos datos.

Elaboración del manual de procesos

Este manual deberá describir en detalle los pasos requeridos para lograr los objetivos de cada aplicación; desde la recepción de documentos-fuente en el departamento de proceso, hasta la terminación de los reportes. Por lo general puede definirse cada aplicación del manual en tres partes:

a) Manejo de documentos-fuente. Se describen aquí las operaciones relativas a la recepción, almacenaje, codificación, auditoría (verificación y control) y preparación de documentos-fuente (funciones de oficina).
b) Perforación y verificación. Se incluyen en esta parte las descripciones detalladas de los diseños de las tarjetas que se usarán, indicaciones

[1] Para el lector que se interese, un buen libro sobre estándares administrativos en el proceso de datos es el número [2] de la bibliografía correspondiente.

acerca de cuáles campos deben ser perforados directamente, duplicados, reproducidos, interpretados, etcétera. Se incluyen, además, instrucciones acerca de cuáles tarjetas usar, qué hacer en caso de discrepancias en los documentos, el número de copias del reporte que se requiere, tipo de papel por usarse, y otras.

c) Detalles operativos. En esta sección se describen los tableros requeridos y el alambrado respectivo; los detalles del trabajo, muestras del reporte que debe obtenerse, descripción de cintas de control, etcétera.

Además, el manual cuenta con un diagrama de flujo para cada aplicación, el cual sirve como resumen y guía general.

Por tanto un manual es un documento que contiene, define y describe una aplicación en todos sus aspectos.

APLICACIÓN 1

En la figura C.1 se muestra el diagrama de un proceso de facturación desarrollado con equipo de registro unitario. Se ilustran aquí los pasos que se deben seguir para obtener la facturación de las ventas de una organización. Partimos de los pedidos que los clientes han realizado durante el día y suponemos que sólo los que han sido surtidos fungirán como documentos-fuente para el proceso que aquí se describe.

El sistema mostrado está compuesto de catorce procesos, cada uno de los cuales tiene una entrada y una salida; la salida de un proceso es la entrada del subsiguiente; excepto en el proceso 1 donde la entrada es el documento-fuente (ver capítulo 2: Fuente de datos) y en el 11 donde las facturas son la salida del sistema.

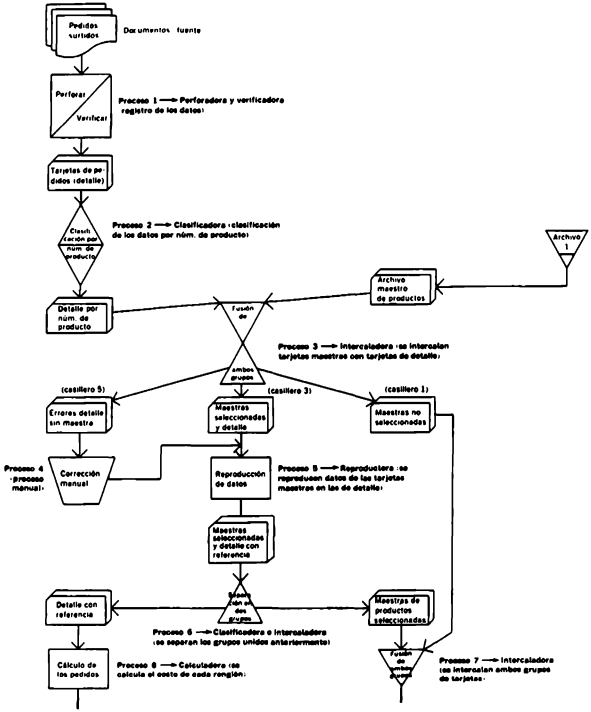
Descripción

Proceso 1

Los pedidos surtidos se pasan a perforación y verificación con objeto de que los datos-fuente se registren en tarjetas. Cada pedido contendrá tantas tarjetas como tipos de productos hayan sido solicitados. Estas tarjetas reciben el nombre de *tarjetas de detalle*; en la figura C.2 se muestra el formato de éstas.

Proceso 2

Una vez perforadas las tarjetas de detalle de los pedidos, servirán de entrada al proceso en el que se clasificarán las tarjetas de acuerdo con el número del producto que cada una tiene perforado. Como resultado obtendremos un conjunto de tarjetas ordenado progresivamente por número de producto.


Pedidos surtidos
Documentos fuente
Perforar / Verificar
Proceso 1 → Perforadora y verificadora registro de los datos
Tarjetas de pedidos (detalle)
Clasificación por núm. de producto
Proceso 2 → Clasificadora clasificación de los datos por núm. de producto
Archivo 1
Archivo maestro de productos
Detalle por núm. de producto
Fusión de
Proceso 3 → Intercaladora se intercalan tarjetas maestras con tarjetas de detalle
Ambos grupos
(casillero 5)
(casillero 3)
(casillero 1)
Errores detalle sin maestra
Maestras seleccionadas y detalle
Maestras no seleccionadas
Proceso 4 proceso manual
Corrección manual
Reproducción de datos
Proceso 5 → Reproductora se reproducen datos de las tarjetas maestras en las de detalle
Maestras seleccionadas y detalle con referencia
Detalle con referencia
Separación en dos grupos
Maestras de productos seleccionadas
Proceso 6 → Clasificadora o intercaladora (se separan los grupos unidos anteriormente)
Cálculo de los pedidos
Proceso 8 → Calculadora se calcula el costo de cada renglón
Fusión de ambos grupos
Proceso 7 → Intercaladora se intercalan ambos grupos de tarjetas

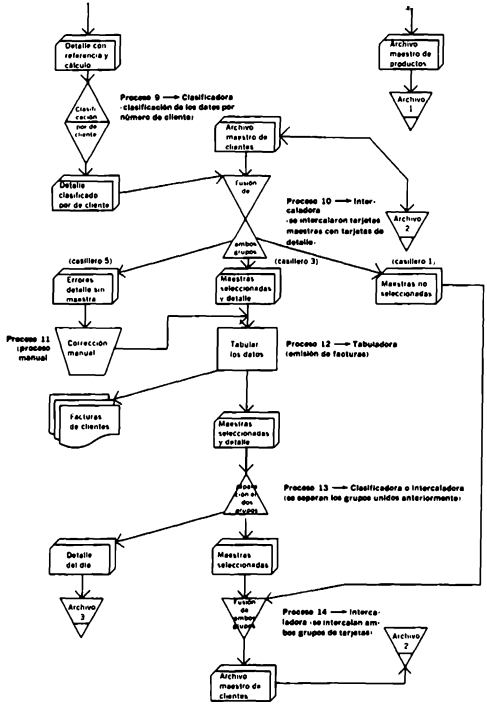


Figura C.1. Proceso de facturación.

Proceso 3

Por un lado tenemos las tarjetas clasificadas de detalle y por otro las tarjetas maestras de productos. Ambos grupos están clasificados por número de producto. En el proceso se intercalan las tarjetas maestras con las de detalle.[2]

Al frente de cada grupo de tarjetas de detalle que contengan el mismo número de producto, irá una tarjeta maestra (ver fig. C.3). En los casilleros de la máquina intercaladora se registran tres tipos de salida.

En el casillero 1 aparecerán las tarjetas maestras que no tuvieron movimiento; es decir, las del archivo 1 que no fueron usadas debido a que no hubo tarjetas de detalle con igual número de producto. En el casillero 3 aparecerán las tarjetas intercaladas (maestras y de detalle); en el 5, las tarjetas de detalle que no encontraron una maestra con el mismo número de producto; esto es un error ya que resulta imposible que se surta un producto que no existe.

Proceso 4

Las tarjetas erróneas del proceso 3 se trabajan aquí. Este es un proceso manual en donde se tratará de reconocer la falla y la causa de ésta. Tal error puede ser cometido por cualquiera de estas dos causas: una mala transcripción del número del producto en el documento-fuente o una perforación inadecuada de éste. Como vemos, es muy probable lo primero ya que la perforación es seguida por una verificación. Una vez detectado el error se procede a corregirlo manualmente y se prosigue el flujo de operaciones.

Proceso 5

Las tarjetas del casillero 3 de la intercaladora obtenidas del proceso del mismo número serán alimentadas a una reproductora en este proceso. En las tarjetas de detalle se reproducirá la información que contienen las tarjetas maestras; es decir, con este proceso se trasmite información de las tarjetas maestras a las de detalle (véase figura C. 4).

Proceso 6

Una vez que las tarjetas maestras han sido usadas (proceso 5) se procede a separarlas de las de detalle a través de una máquina intercaladora (o una clasificadora). Por una parte se obtiene el conjunto de tarjetas de detalle que contienen los productos pedidos; estas tarjetas se recogen del casillero3.[3] En

[2] En el apéndice B esto se refirió como una función de fusión e igualación.
[3] Nótese que el archivo maestro se coloca en la tolva de alimentación primaria.

Cols.	*Especificación*	*Tipo*
1-4	Número de cliente	numérico
5-10	Número de producto	numérico
11-13	Cantidad pedida	numérico
14-19	Precio unitario	numérico
20-27	Importe del renglón	numérico
28-60	Descripción del producto	alfanumérico
61-79	Espacios	
80-80	Clave de tarjeta	espacio

Figura C.2. Tarjeta de detalle.

el casillero 1 se obtienen las tarjetas maestras de productos. La separación se puede hacer con base en una clave que diferencie una tarjeta maestra de una de detalle (ver fig. C.3, clave de tarjeta).

Es posible realizar la separación de archivos usando una máquina clasificadora. Esto se hace cuando el tiempo de proceso de separación es más rápido en esta máquina; por ejemplo, cuando se tiene una sola posición o columna que diferencie una tarjeta de otra, resulta preferible usar una clasificadora para separar las tarjetas, dado que la velocidad de esta máquina es mayor que la de una intercaladora.

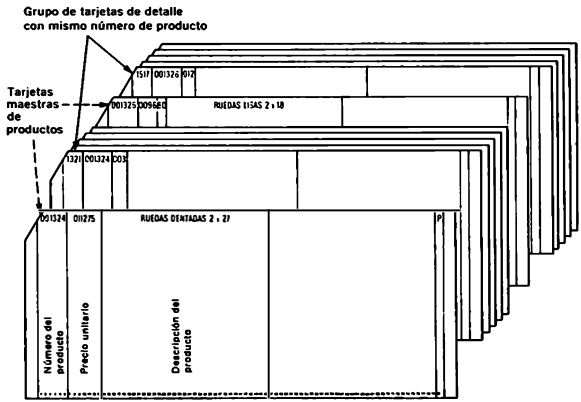
Proceso 7

Las tarjetas maestras obtenidas del casillero 1 (proceso 6) se fusionan a través de una máquina intercaladora,[4] junto con las tarjetas maestras que no se seleccionaron en el proceso 3. A la salida del proceso se obtiene el archivo maestro integrado, el cual es almacenado. Este mismo archivo se utiliza al día siguiente en el proceso 3.

Proceso 8

Las tarjetas de detalle que se obtuvieron en el proceso 6, casillero 3, contienen además de los datos iniciales (fig. C.2), el nombre del producto y el

[4] Véase apéndice B: función de fusión.



Formato de la tarjeta maestra de producto

Cols	Especificación	Tipo
1 - 6	Número de producto	numérico
7 - 13	Precio unitario	numérico
14 - 46	Descripción del producto	alfanumérico
47 - 79	Espacios	
80 - 80	Clave de tarjeta	"P"

Figura C.3. Tarjetas maestras de producto y detalle.

precio unitario (fig. C.4), falta ahora multiplicar la cantidad pedida de un artículo por el precio unitario, para obtener el importe de cada renglón. Este proceso se lleva a cabo por medio de una calculadora; ésta, después de realizar las operaciones aritméticas necesarias para cada tarjeta, perfora el resultado en el campo previamente especificado para tal fin sobre la misa tarjeta.

Proceso 9

Cuando las tarjetas de detalle contienen la información propia de los productos que se piden (nombre del producto, precio unitario e importe), se procede a ordenarlas para llevar a cabo la facturación. Las tarjetas de detalle

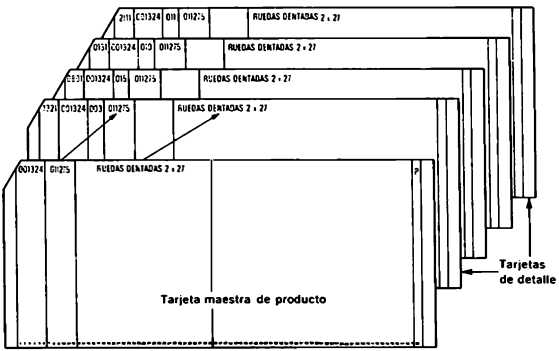


Figura C.4. Tarjeta de detalle con los datos del producto correspondiente.

ahora se clasifican por número del cliente, obteniéndose el grupo de tarjetas ordenado de acuerdo con el número de los clientes que han hecho un pedido.

Proceso 10

Las tarjetas de detalles ordenadas en el proceso 9 se intercalan con las tarjetas maestras de clientes (tal como se hizo en el proceso 3 con las maestras de productos) a fin de armar en grupos la información que nos permitirá emitir cada factura. En los casilleros de la máquina intercaladora se tienen tres tipos de salida. En la figura C.5 se muestra la forma en que saldrán las tarjetas obtenidas del casillero 3. Al frente de cada grupo de tarjetas de detalle que contengan el mismo número de cliente, irá una tarjeta maestra de clientes. Si hacemos una analogía con el proceso 3, entenderemos lo que sucede en éste, en lo que se refiere a las tarjetas que van a los casilleros 1 y 5.

Proceso 11

Las tarjetas erróneas del proceso 10 se tratan aquí en la misma forma que se describe en el proceso 4.

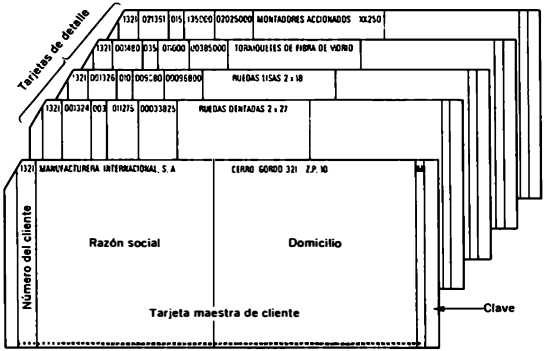


Figura C.5. Tarjeta maestra de clientes y de detalle correspondiente.

Proceso 12

El grupo de tarjetas ya armado (de maestras de clientes y de detalles) se pasa a través de una máquina tabuladora; ésta emitirá las facturas que amparan los pedidos que realizaron los clientes de la organización. La tabuladora sumará los importes correspondientes a los artículos pedidos e imprimirá una factura con el detalle de la compra (fig. C.6).

Proceso 13

Una vez emitidas las facturas se procede a separar los grupos de tarjetas. Una operación análoga se hace en el proceso 6; se emplea una intercaladora o en ocasiones una clasificadora. Las tarjetas de detalle del día se almacenarán como un respaldo del proceso de facturación en el archivo 3, el cual será consultado cuando en los resultados de la facturación se encuentre alguna anomalía.

Proceso 14

Las tarjetas maestras de clientes usadas y las no seleccionadas en el proceso 6 se fusionan para integrar el archivo 2; ésta es una operación similar al proceso 7.

COMERCIAL MEXICANA S. A. DE C.V.

AV. INDIO AZTECA No. 300
MÉXICO 30, D. F.

FACTURA No. 03850

MÉXICO, D. F., 23 NOVIEMBRE DE 1972

Empresa MANUFACTURERA MEXICANA S. A. CLIENTE No. 1321

Domicilio CERRO GORDO 321 Z. P. 10

Por lo siguiente que compra a pagar al contado en moneda nacional dentro de los 30 siguientes días a su expedición.

REG. FED. DE CAUSANTES COM-710304 CED. EMP. 689436

NÚM. DE PRODUCTO	CANTIDAD	ESPECIFICACIÓN	PRECIO UNITARIO		IMPORTE	
001324	003	Ruedas dentadas 2 × 27	112	75	338	25
001326	010	Ruedas lisas 2 × 18	96	80	968	00
001480	035	Torniquetes de fibra de vidrio	110	00	3 850	00
021361	015	Montadores accionados XK25	1 350	00	20 250	00
			TOTAL		25 406	25

Figura C.6. Factura.

Es necesario observar que en este ejemplo hemos descrito sólo una parte del sistema total de información. Podremos considerar que este es un subsistema el cual se integra junto con otros subsistemas para formar un sistema mayor. Así, por ejemplo, los archivos 1 y 2 que se utilizan en el proceso de la figura C.1, también se usan en otros subsistemas. El archivo 1 que contiene las tarjetas maestras de productos debe ser actualizado constantemente; ese proceso pertenece a otro subsistema. Lo mismo sucede con el archivo 2.

APLICACIÓN 2[5]

Descripción del problema

Considérese el caso de la Cía. Transformadores, S. A., en la cual se fabrican varios modelos de transformadores eléctricos que deben pasar por procesos diferentes según las características particulares de cada modelo.

[5] Este ejemplo se adaptó de un examen elaborado por el profesor Mario Villalobos V., en diciembre de 1970, en la Facultad de Contaduría y Administración, UNAM.

Se pretende obtener un reporte mensual que muestre los costos de mano de obra:

a) por cada orden de producción
b) por cada proceso
c) por cada trabajador

Actualmente se dispone de un archivo de tarjetas maestras con los siguientes datos:

a) Número del obrero (columnas 1-4).
b) Nombre del obrero (columnas 5-30).
c) Tarifa pagada por hora de trabajo (columnas 31-34).
d) Identificación (perforación X) (columna 80).

Se dispone, además de los reportes de tiempo trabajado elaborados por los jefes de departamento, en los que se anota para cada orden de producción los procesos efectuados, el número del trabajador y las horas que trabajó en cada proceso (ver fig. C.7).

TRANSFORMADORES ELECTRICOS, S. A.
ANÁLISIS DE COSTOS DE MANO DE OBRA

NUMERO DE			Nombre del trabajador	Horas trabajadas	Tarifa	Costo de mano de obra		
Orden	Proceso	Trabajador				Por obrero	Por proceso	Por orden
1112	1	128	JUAN PEREZ	6.0	4.00	24.00		
1112	1	243	PEDRO LOPEZ	4.0	4.50	18.00	42.00	
1112	2	103	ANDRES FUENTES	12.0	6.00	72.00		
1112	2	378	JULIO GARCIA	7.0	5.00	35.00	107.00	
1113	1	128	JUAN PEREZ	11.0	4.00	44.00		149.00

Figura C.7. Formato de análisis de costos.

Definición del reporte

De la descripción anterior se pueden concretar los siguientes puntos, en relación con el reporte requerido:

a) El contenido, la secuencia, formato, etcétera, pueden ser los que se muestran en la figura C.8.
b) El reporte será usado por el gerente de producción y por el contralor para revisar los costos de mano de obra (se requieren, por tanto, dos copias).
c) El reporte deberá producirse periódicamente cada mes.

d) Puesto que debe pagarse a los obreros un sueldo de garantía aun cuando no trabajen, el sistema de nómina tiene que ser independiente del análisis de costo. (Esto implica que no es posible ligar ambos sistemas en las condiciones actuales.)

REPORTE DE TIEMPO TRABAJADO					
NÚM. OBRERO	HORAS TRAB.	ORDEN NÚMERO	PROCESO		OBSERVACIONES
			NÚMERO	NOMBRE	

Figura C.8. Reporte de tiempo trabajado

e) No se prevén modificaciones ni ampliaciones de este reporte en el futuro inmediato (esto significa que puede resolverse esta aplicación sin considerar reestructuraciones o especificaciones adicionales).

Definición de documentos-fuente

Al revisar el reporte diario de tiempo trabajado (fig. C.7) se observa que contiene toda la información requerida para identificar orden, proceso, obrero y número de horas trabajadas. Además, el orden en que se asienta la información es adecuado, pues se puede vaciar fácilmente a tarjetas perforadas.

Por otro lado, el costo de cada hora trabajada ya se encuentra disponible en tarjetas, en un formato conveniente, y por tanto, los documentos-fuente actuales son adecuados.

Diseño de las tarjetas

Los datos del reporte diario de tiempo trabajado se deben perforar en tarjetas de detalle que llamaremos *tarjetas de tiempo*. En éstas, además, se deberá indicar la tarifa aplicable para cada obrero y el costo correspondiente.

Así, la tarjeta de tiempo quedará definida de la siguiente forma:

Tabla C. 1

Columna	*Descripción*	*Tipo de campo*	*Forma*	*Se perfora en el proceso núm.*
5-30	Número de obrero	Numérico	P/V	1
31-34	Nombre	Alfabético	M P	5
35-38	Horas trabajadas	Numérico	P/V	1
39-40	Tarifa	Numérico	M P	5
41-44	Orden	Numérico	P/V	1
45-49	Proceso	Numérico	P/V	1
50-57	Costo	Numérico	Calc.	7

Donde P/V indica que se debe perforar y verificar a partir del documento-fuente; M P, multiperforación (*gang-punch*); y Calc., que debe ser perforado por la calculadora.

Definición del proceso

El proceso consistirá en perforar los datos y verificarlos, y en llevar un control adicional del total de tiempo trabajado.[6] A continuación deben perforarse, por medio de *gangpunch*, las tarjetas y los nombres de los obreros; para esto se requiere intercalar el archivo maestro con el detalle, y esta intercalación precisa que ambos archivos se encuentren en la secuenciacorrecta para la cual se clasifican. Lo siguiente es separar los dos archivos (en lo que resulta muy útil la marca X en la columna 80) y se requiere, además, calcular el costo. Finalmente, es necesario tabular los resultados y, en consecuencia, deben clasificarse las tarjetas (que se hallaban clasificadas por número de obrero) por orden, por proceso y por obrero con objeto de obtener totales.

Diagrama

Lo anterior se describe gráficamente en el diagrama de la figura C.9, en el que se muestra la secuencia en que deben realizarse los pasos principales del proceso.

[6] Este control consiste en sumar mensualmente los tiempos del reporte diario de tiempo trabajado y comparar los resultados (totales diarios) con los obtenidos de la tabulación de las tarjetas. Con esto se asegura un menor número de errores.

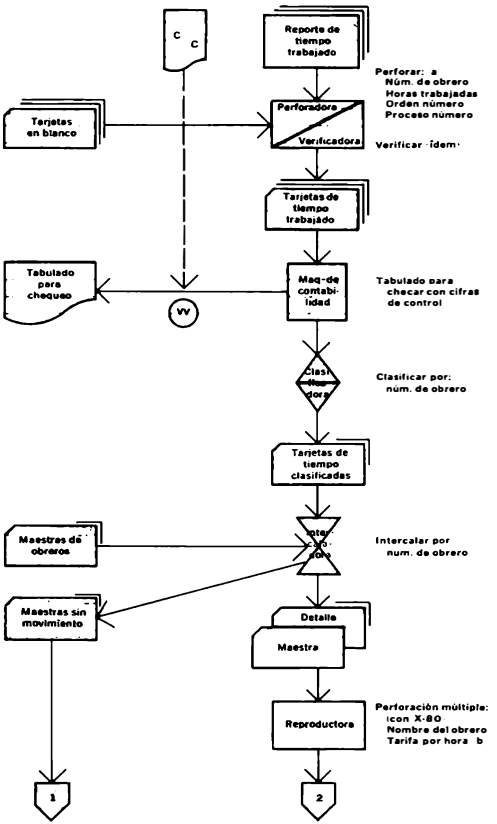


Figura C.9. Diagrama de flujo

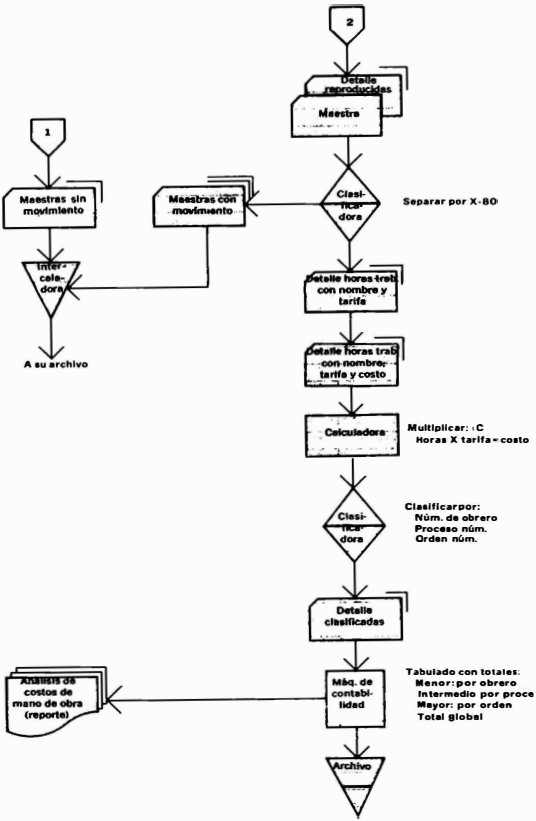


Figura C. 9. (*continuación*).

Manual del proceso

Este compendio incluye los detalles técnicos relativos a cada operación que debe realizarse; aquí no se describe, pues no está dentro de los objetivos de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Véanse las mismas del apéndice B.)

D

Aplicaciones del cómputo electrónico

Después de que en los capítulos anteriores se establecieron los conceptos básicos del cómputo electrónico, procedemos a presentar en este apéndice un ejemplo práctico de aplicación.

Para desarrollar un caso, particularmente el nuestro, es necesario seguir estos pasos:[1]

- Especificar el problema y definir la información que se desea como salida del proceso.
- Determinar los datos de entrada que procesados permitirán obtener la información requerida.
- Diseñar el sistema del proceso computarizado que nos dará la información deseada.
- Determinar el formato de los archivos que se utilizarán en el proceso.
- Hacer los diagramas de flujo de los programas que intervendrán en el proceso.

ESPECIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Se desea implantar un proceso computarizado que permita manejar el sistema de nómina de una empresa que cuenta con varios departamentos y algunos cientos de trabajadores; se requiere, entonces, que brinde la siguiente información:

a) Reporte quincenal, por empleado y departamento, de salarios a pagar. Éste servirá para efectuar el pago a los empleados que laboran dentro de la empresa. Los empleados, una vez que les es entregado el dinero correspondiente a una quincena de trabajo, firmarán de conformidad con estos reportes que guardará el departamento de personal.

El formato de este reporte debe ser como el que se muestra en la figura D. 1.

[1] Vease capítulo 12.

Depto. xxx
Quincena xx

CÍA. MANUFACTURERA DEL CENTRO
REPORTE QUINCENAL DE NÓMINA

FECHA xx-xx-xx

Núm. de hoja x

Núm. de empleado	*Registro Federal de Causantes*	*Nombre*	*Sueldo mensual*	*Sueldo de la quincena*	*I.S.P.T.*	*Seguro Social*	*Neto a recibir*	*Firma del empleado*
xxx	xxxx-xxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	$xx,xxx.xx	$xx,xxx.xx	$x,xxx.xx	$xxx.xx	$xx,xxx.xx	
		TOTALES POR DEPARTAMENTO	$xxx,xxx.xx	$xxx,xxx.xx	$xx,xxx.xx	$x,xxx.xx	$xxx,xxx.xx	

Figura D.1

b) Resumen mensual de los movimientos de nómina por departamento. Éste permitirá a la dirección de la empresa conocer el monto de los movimientos que se realizaron en cada una de las dependencias de la organización. Este informe permitirá tomar decisiones acerca de la asignación del presupuesto destinado a cada departamento para la contratación de personal; para determinar el costo y precio de venta de los productos que se fabrican en la empresa; etcétera. El formato de este reporte se especifica en la figura D. 2.

c) Resumen bimestral del pago del seguro social de cada uno de los trabajadores, por departamento. Este reporte indicará al departamento de personal la cantidad que deberá pagar la empresa por este concepto, cantidad determinada por la suma de los pagos que debe efectuar por cada uno de sus empleados. El formato de este reporte se muestra en la figura D. 3.

d) Resumen anual del impuesto retenido por empleado, por departamento. Contendrá la información que la empresa debe entregar al fisco,[2] referente al impuesto que a cada empleado se le retuvo mensualmente durante un año. En la figura D. 4 se muestra dicho reporte.

e) Resumen quincenal de altas, bajas y cambios realizados al archivo de personal de la empresa. Este reporte permitirá al departamento de personal

[2] En México, a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

comprobar que se hayan efectuado, de acuerdo a como sucedieron en ese periodo, las altas, bajas y cambios al archivo del personal de la organización. Este formato aparece en la figura D. 5.

La información que se señala en los formatos de los reportes es la que exige la dirección de la empresa, y permitirá tomar decisiones en varios departamentos: personal, contabilidad, producción, gerencia general, y otros.

CÍA. MANUFACTURERA DEL CENTRO
Fecha xx-xx-xx REPORTE MENSUAL DE NÓMINA

Depto.	*Núm. de empleados*	*Sueldos mensuales nominados*	*Sueldos mensuales pagados*	*I.S.P.T. retenido*	*Seguro Social*	*Netos pagados*
xxx	xxx	$xxx,xxx.xx	$xxx,xxx.xx	$xx,xxx.xx	$x,xxx.xx	$xxx,xxx.xx
TOTAL MENSUAL		$x.xxx,xxx.xx	$x.xxx,xxx.xx	$xxx,xxx.xx	$xx,xxx.xx	$x.xxx,xxx.xx

Figura D.2

DETERMINACIÓN DE LOS DATOS DE ENTRADA

Para obtener los reportes arriba señalados es necesario determinar qué datos de entrada vamos a manejar. Así, debemos ver, haciendo una revisión de atrás a adelante, que la información reportada se obtiene mediante un proceso —en nuestro caso, de cómputo— y que éste se inicia con datos que se alimentan como elementos de entrada. A fin de conocer los datos que necesitamos introducir al proceso es necesario partir de la información que se requiere a

Depto. xxx
Bimestre x

CÍA. MANUFACTURERA DEL CENTRO
REPORTE BIMESTRAL DE SEGURO SOCIAL

Núm. de empleado	*Núm. de afiliación*	*Nombre*	*Pago del empleado al bimestre*	*A pagar por la empresa*	*Total a pagar*
xxx	xxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	$xxx.xx	$xxx.xx	$xxx.xx
		TOTALES AL BIMESTRE	$xx,xxx.xx	$xx,xxx.xx	$xx,xxx.xx

Figura D.3

Depto. xxx

CÍA. MANUFACTURERA DEL CENTRO
REPORTE ANUAL DE I.S.P.T. RETENIDO

Año

Núm. de empleado	*Núm. de R.F.C.*	*Nombre*	*Sueldodesengeado anual, acumulado*	*I.S.P.T. acumulado al año*	*I.S.P.T. a pagar en el año*	*Diferencia*
xxx	xxxx-xxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	$xxx,xxx.xx	$xx,xxx.xx	$x,xxx.xx	$-x,xxx.xx
		TOTAL ANUAL	$xx,xxx,xxx.xx	$x,xxx,xxx.xx	$x,xxx,xxx.xx	$xx,xxx.xx

NOTA: En México, para comunicar a la Secretaría de Hacienda sobre impuestos retenidos, existen ya formas oficiales; la que nosotros diseñamos aquí no se apega exactamente a ellas.

Figura D.4

Depto. xxx
Quincena xx

CIA. MANUFACTURERA DEL CENTRO
REPORTE DE ALTAS, BAJAS Y CAMBIOS

Fecha xx-xx-xx

Clave	*Núm. de empleado*	*R.F.C.*	*Nombre*	*Fecha inicio*	*Núm. de afiliación al S.S.*	*Sueldo mensual*
x	xxx	xxxx-xxxxxx	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	xxxxxx	xxxxxxxxxx	$xx,xxx.xx

Figura D.5

la salida de éste. Al hacer una lista de los elementos componentes de cada reporte se indicará cómo los vamos a obtener y a partir de qué datos.

En la tabla D.1 se muestran los elementos componentes de cada uno de los reportes, el proceso mediante el cual se obtiene cada elemento y los datos de entrada que se necesitan en cada caso.

DIAGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE NÓMINA

Una vez que conocemos qué datos de entrada se tienen y qué información se requiere a partir de éstos, lo que sigue es determinar cuál será el sistema que permitirá procesar los datos que brindarán la información requerida en cada reporte. Entonces procedemos a diagramar el sistema de cómputo que se establecerá.[3] En la figura D. 6 se muestra el flujo del sistema, compuesto de procesos (cada uno de ellos tiene una entrada y una salida). La salida de un proceso es la entrada del subsiguiente, excepto en el proceso 1, donde se inicia el sistema, y en el último, que es donde se termina.

[3] A fin de diagramar el sistema que finalmente debe ser implantado para llevar a cabo un proceso computarizado, deben seguirse ciertos pasos que se tratan en el capítulo 12.

Tabla D. 1

Reporte (fig. núm.)	*Elemento*	*Proceso para obtener el dato*	*Datos adicionales que permiten obtener éste*
Todos	Fecha	Se introduce por un dispositivo de entrada	Ninguno
Todos	Depto.	Se lee de los registros creados	Ninguno
Todos	Núm. de empleado	Se lee de los registros creados	Ninguno
14.1, 14.5	Sueldo mensual	Se lee de los registros creados	Ninguno
14.1, 14.4, 14.5	Registro federal de causantes	Se lee de los registros creados	Ninguno
14.1, 14.3, 14.4, 14.5	Nombre del empleado	Se lee de los registros creados	Ninguno
14.5	Fecha de inicio	Se lee de los registros creados	Ninguno
14.3, 14.5	Núm. de afiliación IMSS	Se lee de los registros creados	Ninguno
14.1	Sueldo (quincenal)	Sueldo mensual entre dos	Sueldo mensual
14.1	ISPT a la quincena	ISPT al mes sacado de tablas, entre dos	ISPT al mes, de tabla de la S H C P
14.1	Pago del seguro social a la quincena	Pago del seguro social según tabla	Tabla de pagos del seguro social
14.1	Neto a recibir	Sueldo de la quincena, menos ISPT a la quincena, menos pago del seguro social	Sueldo a la quincena ISPT a la quincena Pago del seguro social a la quincena
14.2	Sueldos mensuales nominados	Suma de los sueldos mensuales nominados de los empleados de un departamento	Sueldos nominados mensuales de los empleados
14.2	Sueldos mensuales pagados	Suma de los sueldos del mes pagados a los empleados de un departamento	Sueldos de la quincena de los empleados

He aquí la descripción de los procesos.

Proceso 1

Este proceso se lleva a cabo mediante un algoritmo que actualiza el archivo maestro de empleados. Las altas, las bajas y los cambios se leen desde la unidad de lectura asociada a la computadora y actualizará la información del personal de la empresa. El archivo maestro puede estar contenido en algún dispositivo que sea manejado por una unidad conectada al procesador central; por ejemplo, en una cinta magnética o en un disco magnético.

El proceso operará en la forma siguiente: las altas, las bajas y los cambios se leerán uno por uno, mientras al archivo maestro puede ser accesado secuencialmente o en forma directa. En el primer caso el archivo maestro debe estar clasificado en un orden riguroso, ya sea mediante el número de empleado o el número del departamento donde labora o algún otro: por tanto, para poder actualizar el archivo maestro en este caso, es necesario que las altas, las bajas y los cambios se ordenen previamente a este proceso, en la misma forma en que están ordenados los registros del archivo maestro.

En el caso de que el archivo maestro pueda ser accesado en forma directa,[4] no habrá necesidad de clasificar previamente las altas, las bajas y los cambios; cada vez que leamos uno de éstos, accesamos en forma directa el registro que requiere el archivo maestro.

Cada alta incrementará el archivo maestro en un registro más. Cuando se lea una baja se buscará en el archivo maestro el registro que ésta identifica, para proceder a dejarlo inactivo. Cuando se lea un cambio se accesará el registro que éste señala para realizar sobre él el cambios necesario.

Por lo general, los registros a la salida, conforme se va actualizando el archivo maestro, no se graban en el mismo lugar en que se encuentran al ser leídos, sino en otra parte, ya sea del mismo dispositivo o de otro.

Desde luego, la mayoría de los registros del archivo maestro contendrán la misma información antes y después de la actualización, pues para éstos no habrá modificación alguna.

En este proceso también se obtiene un listado de las modificaciones que se realicen al archivo maestro; en la figura D. 5 se describió este listado.

Proceso 2

Una vez actualizado el archivo maestro de empleados con las altas, las bajas y los cambios de una quincena, lo que sigue es utilizarlo para la elaboración de la nómina quincenal. El archivo maestro se leerá tomando en orden los registros de cada departamento, tal como se requiere en el reporte que se muestra en la figura D.1. Los cálculos necesarios son hechos por un algoritmo, mismo

[4] *Ver* capítulo 11: Acceso directo.

que actualizará el archivo maestro con los movimientos de la quincena originados por percepciones y descuentos a cada empleado.

Abajo se muestran los campos en el registro del archivo maestro que este proceso afectará; es decir, son aquellos que pueden sufrir alteraciones mediante el algoritmo que se usa en este proceso (ver formato del archivo maestro de empleados, tabla D. 5). En esencia, estos registros contiene información sobre:

- Sueldo acumulado mensual.
- Impuesto sobre producto del trabajo acumulado al mes.
- Sueldo acumulado anual.
- Impuesto sobre producto del trabajo acumulado al año.
- Pago del Seguro Social acumulado al bimestre.

Proceso 3

Este proceso permite la elaboración del reporte mensual de nómina (figura D. 2) a partir del archivo maestro actualizado que se obtiene del proceso 2. Aquí también se modifica el archivo maestro en los campos siguientes:

- Sueldo acumulado mensual.
- Impuesto sobre producto del trabajo acumulado al mes.

En este caso ambos campos serán restaurados a ceros.

Proceso 4

Este proceso permite la elaboración del reporte bimestral que se muestra en la figura D. 3, a partir del archivo maestro actualizado que se obtiene del proceso 3. En este proceso también se actualiza el archivo maestro, ya que el pago del seguro social que se le ha acumulado a cada empleado en un bimestre se hace efectivo al final de éste, por lo que es necesario restablecer el campo que acumula esta cantidad a ceros.

Proceso 5

Este proceso permitirá la elaboración del reporte anual que observamos en la figura D. 4, el cual se obtiene a partir del archivo maestro actualizado del proceso 4.

En este proceso se actualiza el archivo maestro en cuanto al impuesto anual que deben pagar cada uno de los empleados que laboran en la empresa. En el caso de que no se necesite el archivo maestro para ningún otro proceso, podrán eliminarse todos los registros que quedaron inactivos por haberse dado de baja durante el año a los empleados que eran identificados por aquéllos.[5]

[5] En México, antes de ser eliminados los registros inactivos se procede a realizar, mediante otro proceso anual, el reparto de utilidades de la empresa.

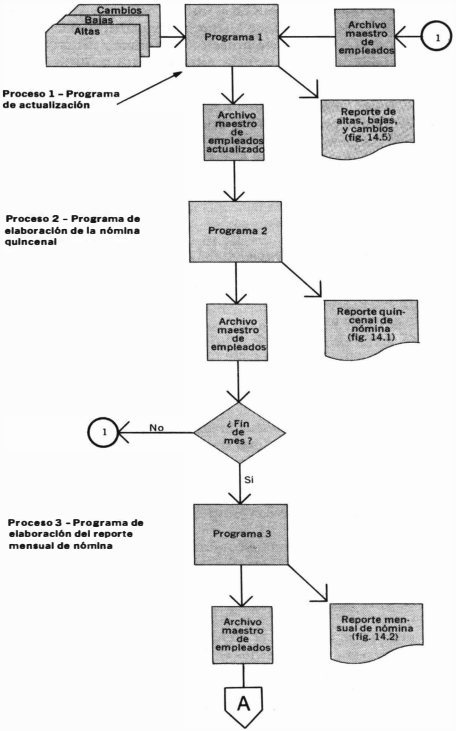


Figura D. 6. Diagrama del sistema de nómina.

FORMATO DE LOS ARCHIVOS

Una vez que se ha determinado la forma en que se procesarán los datos, lo que sigue es definir cómo estarán ubicados en los archivos donde son registrados.

Los datos se depositan dentro de los registros en campos;[6] de esta forma, cuando queramos accesar cualquier dato de un registro localizamos el campo donde se encuentra éste.

Puede observarse que un registro de alta (tabla D. 2) contiene todos los datos que son necesarios para que un nuevo empleado sea registrado en el archivo maestro. Como clave de identificación el registro de alta tiene una "A" y a continuación de este campo siguen todos los que contendrán los datos fuentes del empleado.

Tabla D. 2. Formato de las altas.

Posiciones	*Núm. de posiciones*	*Especificación*	*Valor*
1-1	1	Clave de registro	"A"
2-4	3	Número de empleado	Numérico
5-7	3	Número de departamento	Numérico
8-17	10	Reg. federal de causantes	Alfanumérico
18-47	30	Nombre del empleado	Alfabético
48-53	6	Fecha de inicio	Numérico
54-63	10	Número de afiliación en el Seguro Social	Numérico
64-70	7	Sueldo mensual	Numérico con dos
71-80	10	Espacios	decimales.

El registro de baja (tabla D.3) hará que un registro del archivo maestro se torne inactivo; el número de empleado de una baja nos servirá para localizar en el archivo maestro aquel registro que contiene sus datos. El número

Tabla D. 3. Formato de las bajas.

Posiciones	*Núm. de posiciones*	*Especificación*	*Valor*
1-1	1	Clave del registro	"B"
2-4	3	Número de empleado	Numérico
5-14	10	Reg. federal de causantes	Alfanumérico
15-20	6	Fecha de terminación	Numérico.

[6] Un campo queda definido por divisiones virtuales dentro de un registro.

de registro federal de causantes nos servirá para checar, una vez localizado un registro, que se trata efectivamente del que corresponde al empleado que se desea dar de baja.

Un registro de cambio (tabla D. 4) modificará algún campo del registro de un empleado, contenido en el archivo maestro; puede modificar hasta tres campos de un registro maestro, tal como se observa en el formato de los cambios. Las especificaciones como "número de campo" señalan el campo del registro maestro que debe ser modificado; los campos mencionados como

Tabla D. 4. Formato de los cambios.

Posiciones	*Núm. de posiciones*	*Especificación*	*Valor*
1-1	1	Clave del registro	"C"
2-4	3	Número de empleado	Numérico
5-14	10	Reg. federal de causantes	Alfanumérico
15-16	2	Número de campo	Numérico
17-46	30	Dato que sustituye al anterior	Alfanumérico
47-48	2	Número de campo	Numérico
49-58	10	Dato que sustituye al anterior	Alfanumérico
59-60	2	Número de campo	Numérico
61-70	10	Dato que sustituye al anterior	Alfanumérico
71-80	10	Espacios	

Tabla D. 5. Formato del archivo maestro de empleados.

Campo	*Posiciones*	*Núm. de posiciones*	*Especificación*	*Valor*
1	1-1	1	Clave del registro	"T" = activo "I" = inactivo
2	2-4	3	Número de empleado	Numérico
3	5-7	3	Número de departamento	Numérico
4	8-17	10	Reg. federal de causantes	Alfanumérico
5	18-47	30	Nombre del empleado	Alfabético
6	48-53	6	Fecha de inicio	Numérico
7	54-63	10	Afiliación del seguro social	Numérico
8	64-70	7	Sueldo mensual	Numérico (2 decimales)
9	71-78	8	Sueldo acumulado mensual	Numérico (2 decimales)
10	79-84	6	Impuesto sobre el producto del trabajo acumulado al mes	Numérico (2 decimales)
11	88-95	8	Sueldo acumulado anual	Numérico (2 decimales)
12	96-103	7	Impuesto sobre el producto del trabajo acumulado al año	Numérico (2 decimales)
13	104-108	5	Pago del seguro social acumulado al bimestre	Numérico (2 decimales)

"dato que sustituye al anterior" son los que contendrán los datos que sustituirán a los que se encuentran en los campos del registro maestro señalados por el "número de campo" contiguo.

DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROGRAMAS

Una vez que hemos diseñado el sistema computarizado, lo que sigue es programarlo. Contamos ya con la especificación de cada uno de los programas y conocemos los formatos de los registros que deben manejarse en cada proceso; con estos elementos podemos iniciar la programación del sistema.

Para realizar un programa es necesario conocer el algoritmo que éste debe plantear. La definición de éste puede hacerse esquemáticamente, ya sea mentalmente o en una hoja de papel y con una simbología adecuada. En el primer caso el programa se codifica directamente y, por ende, surgen serios inconvenientes ya que una vez escrito el programa, si es complejo, será sumamente difícil seguirlo para una revisión posterior. En el segundo caso la programación se facilita, pues tenemos un diagrama de flujo que permite seguir objetivamente el algoritmo, además de que evita el inconveniente señalado en el primer caso.

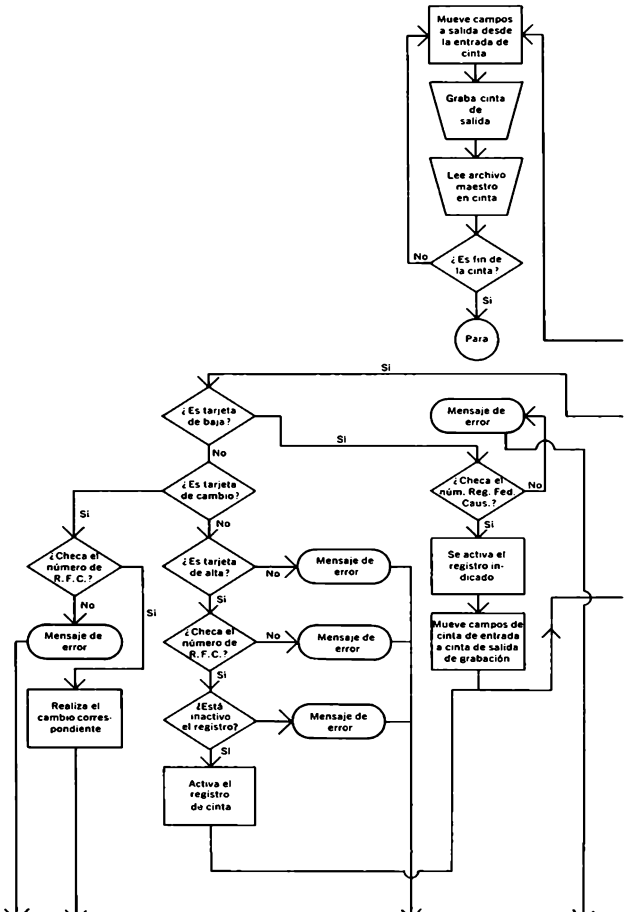
Para ejemplificar la diagramación de un programa, se muestra el diagrama de flujo del programa de actualización del proceso número 1 de la aplicación tratada (figura D. 7).

Si seguimos el diagrama de flujo de la figura D. 7 podremos percatarnos de la forma en que el algoritmo planteado actulizará el archivo maestro de empleados. Al inicio del programa se lee un registro del archivo maestro en cinta y un registro en tarjeta del grupo que va a actualizar al antes mencionado. Posteriormente se determina si los registros leídos corresponden al mismo empleado; en caso de no ser así, se comprueba, si se trata de una alta, que será añadida al archivo maestro, o de un registro contenido en el mismo archivo que no sufre cambios. Cuando se lee una alta se verifica si será ubicada en secuencia dentro del archivo maestro de empleados, con objeto de no colocar desordenadamente a los empleados que van siendo dados de alta.

Si sucede que los registros leídos corresponden al mismo empleado, se verifica si el registro en tarjetas es un cambio o una baja para realizar una alteración sobre el registro del archivo maestro.

Si se sigue con detenimiento el diagrama podrá observar el lector que el algoritmo se hace complejo no al manejar las altas, las bajas y los cambios como tales, sino al controlarlos en un grupo donde son ordenados en secuencia numérica; realmente la labor más difícil del analista-programador es prever y controlar todas las posibles opciones que pueden presentarse al plantear un problema y resolverlo por medio de un algoritmo.

Como ha podido observarse, el ejemplo de este apéndice puede distar mucho de ser el sistema de nómina de una empresa; sin embargo, el caso se ha presentado de esta manera con el único objeto de que el alumno se familiarice con el manejo y la estructura de los sistemas computarizados.


Mueve campos a salida desde la entrada de cinta
Graba cinta de salida
Lee archivo maestro en cinta
¿Es fin de la cinta?
No
Si
Para
Si
¿Es tarjeta de baja?
Mensaje de error
Si
No
¿Es tarjeta de cambio?
¿Checa el núm. Reg. Fed. Caus.?
No
Si
No
Si
¿Checa el número de R.F.C.?
¿Es tarjeta de alta?
No
Mensaje de error
Se activa el registro indicado
Si
No
Si
Mensaje de error
¿Checa el número de R.F.C.?
No
Mensaje de error
Mueve campos de cinta de entrada a cinta de salida de grabación
Si
Realiza el cambio correspondiente
¿Está inactivo el registro?
Mensaje de error
Si
Activa el registro de cinta

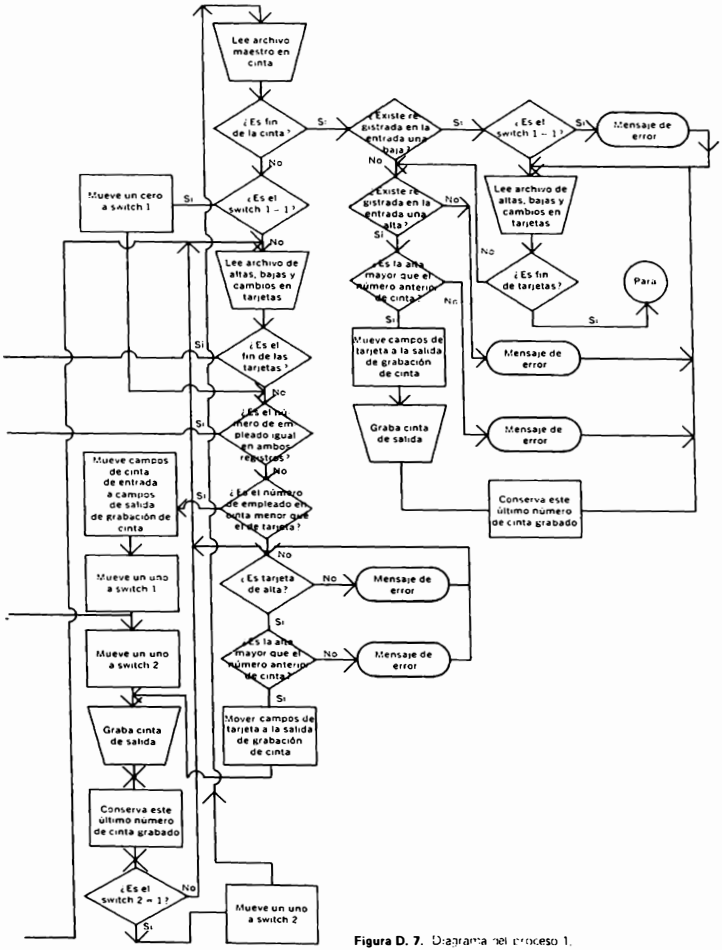


Figura D. 7. Diagrama del proceso 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Clark, John O. E., *Computadoras en acción*, Libro color núm. 5, Editorial Bruguera, S. A. Barcelona, 1970.

[2] Davis, Gordon B., *Principios de procesamiento de datos*, Editorial Trillas, México, 1983.

[3] Department of Air Force, U. S. A., *Guía para la auditoría de sistemas automatizados de procesamiento de datos*, Herrero Hnos., México, 1971.

[4] Gruenberger, Fred, *Computing-A Second Course*, Canfield Press, San Francisco, Calif., 1971.

[5] IBM, "Plan para un sistema de procesamiento de datos", *Manual de información general*.

[6] Laden, H. N. y Gildersleeve T. R., *Diseño de sistemas de computación*, México, 1971.

[7] Lazzaro, Víctor, *Sistemas y procedimientos*, Editorial Diana, México, 1965.

[8] Martin, James, *Design of Real-Time Computer Systems*, Prentice-Hall, Inc., Englewood-Cliffs, New Jersey, 1970.

[9] McCracken, Daniel D., Weiss Harold y Lee Tsai-Hwa, *Programming Business Computers*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, 1959.

[10] McRae, T. W. (Dir.), *Management Information Systems*, Penguin Modern Management Readings, Penguin Books, Middlesex, Reino Unido, 1971.

[11] Naylor, Thomas H., Balinfty Joseph L., Burdick Donald S. y Chu Kong, *Técnicas de simulación en computadoras*, Limusa, México, 1971.

[12] Porter W., Thomas Jr., *Auditoría de sistemas electrónicos*, Serie de contabilidad, Herrero Hnos., México, 1971.

[13] Sanders, Donald H., *Computers and Management*, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1970.

[14] Schoderbek, Peter P., *Management Systems*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, 1967.

Glosario

Ábaco. Antiguo dispositivo para realizar operaciones aritméticas, construido con cuentas engarzadas en alambre.

Accesar. Localizar y tomar información de un archivo para realizar un proceso.

Acceso directo. Transcripción o búsqueda de datos que se efectúa partiendo de una dirección: sin un orden previo el acceso a la memoria principal es directo.

Acceso en serie. Transcripción o búsqueda de datos que debe llevarse a cabo en un orden convencional previamente establecido, recurriendo a un cierto código de selección dado.

Acceso Random (o al azar). Una técnica de almacenamiento en la cual el tiempo requerido para obtener un dato es independiente de la localización del dato más recientemente obtenido.

Actividad. La fracción de registros en un archivo maestro, los cuales han sido más usados en un período dado.

Actualizar. Modificar un archivo maestro de acuerdo a cierta información corriente, frecuentemente ésta es obtenida de un archivo de transacciones, de acuerdo a un procedimiento especificado como parte de una actividad del procesamiento de datos.

Acumulador. Un dispositivo que contiene un registro que almacena una cantidad, cuando una segunda cantidad es introducida al dispositivo; éste formará la suma de las dos cantidades y las almacenará en el registro.

Algoritmo. Prescripción exacta del orden en que ha de ejecutarse una serie de operaciones para resolver todos los problemas de un cierto tipo.

Análisis de sistemas. El trabajo que compete directamente al analista.

Analista. Persona que estudiará los sistemas de información de una organización, con el propósito de que sean automatizados.

Archivo. Una colección de registros; una colección organizada de información dirigida hacia un propósito.

Archivo maestro. Archivo que contiene información semipermanente, la cual generalmente es actualizada en forma periódica.

Archivo de transacciones (o de detalle). Un archivo que contiene información corriente y usualmente sirve para actualizar a un archivo maestro.

Automáta. Es una máquina capaz de efectuar por sí misma un cierto número de operaciones previamente especificadas. La máquina computadora es un "autómata algorítmico"; es decir, resulta capaz de tratar cualquier problema soluble por algoritmo. El automáta neuronal no integra la misma clase, puesto que también es capaz de resolver problemas no algorítmicos. Este último es susceptible de aprendizaje.

BCD. Ver *CDB*.

Bifurcación. Instrucción de un programa que permite saltar cierto número de instrucciones (ver: Salto).

Binario. Sistema provisto de sólo dos valo-

res 0 y 1. Un dígito en la escala binaria de notación es usualmente llamado BIT.

Bit. Abreviación estándar que se desprende de *Binary digiT*.

Blanco. El carácter que quedará en memoria cuando un registro de entrada (tal como una tarjeta que no contiene perforaciones) es leída sin contener información. También recibe el nombre de espacio.

Bloque. Un grupo de caracteres o palabras considerados o transportados como una unidad, haciendo particular referencia a las entradas y salidas de datos. El término es usado algunas veces en conexión con las cintas magnéticas como un sinónimo de registro, o para hacer referencia a un número de registros sobre una cinta.

Boole, álgebra de. Conjunto de axiomas y de teoremas que permiten usar símbolos lógicos fundados en las nociones de verdad y falsedad. El álgebra de Bool define seis operadores ("y", "o", "no", "si – entonces", "si y sólo si", "y no"), que pueden ser interpretados mediante circuitos electrónicos simples, que permiten realizar todas las operaciones del álgebra binaria.

Borrar. Acción de poner blancos en un almacenamiento (ver: Blanco).

Buffer. Un medio de entrada y/o salida en el cual la información es ensamblada para posteriormente sea transferida ya sea a otro almacenamiento o a proceso.

Cadena. Serie lineal de caracteres, rubros, programas, fases.

Campo. Un grupo de uno o más caracteres tratado como un todo; una unidad de información.

Canal. Conjunto integrado por una subcomputadora capaz únicamente de acceder a la memoria principal de acuerdo a instrucciones especiales, e instruir a los órganos periféricos; una línea que permite transmitir la información entre la memoria principal y los órganos periféricos, bajo el control del procesador central.

Canal simple. Es un canal íntegramente ocupado por un solo intercambio entre la memoria y un órgano periférico.

Canal múltiple o múltiplex. Un canal que varios órganos pueden utilizar simultáneamente, para que éstos efectúen sus intercambios con la memoria principal.

Carga. Operación mediante la cual se introduce en la memoria principal un programa a partir de su soporte de almacenamiento y se inicia la primera instrucción.

Carácter. Cifra, letra o signo representado por un conjunto de bits. Estos símbolos pueden incluir los dígitos decimales del cero al nueve, las letras de la A a la Z, símbolos de puntuación, símbolos especiales de entrada y salida y cualquier otro que la computadora pueda aceptar.

Carácter alfabético. Cualquier letra simple del abecedario.

Carácter especial. Cualquier dígito diferente a las letras del abecedario o a los dígitos decimales del cero al nueve.

Carácter magnético. Es un carácter que puede ser reconocido por una máquina por sus propiedades magnéticas, además de ser reconocido visualmente por el hombre.

Carácter numérico. Cualquier dígito decimal del cero al nueve.

Carácter óptico. Es un dígito que puede ser reconocido por una máquina especial que tiene la habilidad de detectar el carácter de que se trata, observando su configuración.

CDB. Abreviación estándar que significa código decimal binario.

Celda. Un lugar en la memoria principal donde la información puede ser almacenada; posición de memoria identificada por una dirección.

Cinta magnética. Un sistema de almacenamiento en el cual la información es registrada sobre la superficie magnetizable de una cinta de acetato impregnada de material magnético.

Cinta perforada. Sistema de almacenamiento en el cual la información es registrada sobre una cinta de papel por medio de perforaciones.

Circuito impreso. Soporte electrónico empleado con transistores y que contiene un cierto número de conexiones alámbricas impresas sobre una placa aislante; constituyen estas la base de la segunda generación de computadoras.

Circuitos integrados. Dispositivo mediante el cual se puede contar con un circuito lógico completo, en una superficie de aproximadamente un centímetro cuadrado.

Clasificadora. Máquina de registro unitario cuya función es ordenar información contenida en tarjetas perforadas.

CMC. Carácter magnético que es legible por el ojo humano y por el electrónico. Cortado por siete palotes de tinta magnetizable a fin de hacer visible una cifra, letra o símbolo especial.

COBOL. (COmmon Business Oriented Language). Superlenguaje orientado a resolver problemas donde se requiere manejar volúmenes considerables de datos, realizar pocos cálculos y emitir información en formatos especiales.

Codificación. Operación consistente en dar forma adecuada a una información; por lo general con la finalidad de su uso fácil por la computadora. El número de una cuenta es una codificación de un cliente. La codificación permite pasar la información dada a un valor codificado.

Comando. Ver: Instrucción.

Comparador. Un dispositivo para hacer una comparación y que, frecuentemente en computadoras, actúa sobre los resultados de la comparación.

Comparar. Examinar dos valores con el propósito de descubrir identidad o magnitud relativa que las diferencien.

Compilador. Programa escrito generalmente en lenguaje de máquina que permite compilar.

Compilar. Producir una rutina en lenguaje de máquina mediante una rutina escrita en otro lenguaje diferente al de máquina. Para realizar esta función es necesario un compilador que haga las veces de traductor.

Complementar. Determinar la cantidad necesaria que debe ser añadida a una cifra para que sea obtenida una cantidad previamente fijada como parámetro.

Complemento. La cantidad que es obtenida de otra cantidad dada mediante las siguientes reglas, donde n es la base del sistema usado: complementar sobre n; restarle a $n-1$ cada uno de los dígitos de la cantidad dada, sumar 1 al dígito menos significativo de la cantidad obtenida.

Computadora. Dispositivo capaz de aceptar información, procesarla y entregar los resultados de este proceso en forma operante. En este libro el término es usado para designar aquella que pertenece al tipo digital, de programa almacenado.

Conector. En diagramas de flujo, un símbolo usado para indicar la interconexión de dos elementos o puntos.

Consola. La parte de la computadora donde son ejercidas la mayoría de las operaciones de control externas que se llevan a cabo sobre la computadora.

Contador. Dispositivo que permite alteraciones sobre números por una cantidad arbitraria. Ordinariamente se usa para determinar cuándo un proceso repetitivo ha terminado.

Conversión. Cambio de forma de representación de la información, tal como pasarla de una cinta magnética escrita en un código, a otro; pasar un programa escrito en un lenguaje, otro código; cambio de código.

CPU. Ver UCP.

Dato. Elemento susceptible de una observación directa, que por sí mismo no nos dice nada.

Decisión binaria. Una operación de la computadora que permite determinar qué curso debe seguir el proceso después de tomar en consideración resultados previos que lo obligaran a elegir de entre dos o más alternativas.

Decodificar. Pasar un valor codificado a la información que representa.

Diagnóstico. Dictamen que se obtiene mediante un sistema, después de haberlo analizado.

Diagrama de bloque. Ver: diagrama de flujo.

Diagrama de flujo. Representación gráfica de una secuencia de operaciones, usando un grupo convencional de símbolos; puede ser general o detallado.

Dígito. Uno de los símbolos 0, 1, 2,..., 9 y otros si es necesario, usado para designar cada una de las n cantidades más pequeñas que la base n de la escala de numeración.

Diodo. Elemento de los circuitos eléctricos por los que puede fluir corriente en una sola dirección.

Dirección. Indicación, en forma numérica, de la ubicación de una información en la memoria o en otro dispositivo de almacenamiento.

Dirección absoluta. En donde la indicación determina la ubicación real de una localización en la memoria (ver: Dirección).

Dirección relativa. En este caso la indicación señala la ubicación del punto en donde se encuentra la posición real de una localización de memoria.

Disco. Dispositivo de almacenamiento que sirve para archivar los registros de datos de las aplicaciones que serán procesadas por la computadora, se caracteriza por ser de acceso directo.

Documento-fuente. Es aquel que contiene los datos que permitirán iniciar un proceso.

Eco-check. Chequeo en la cual la información enviada a un dispositivo de salida es regresada a la fuente emisora y comparada con aquella de índole original para asegurar que la obtenida es realmente correcta.

Edición. Preparación de la impresión de un documento por la computadora, para darle una presentación adecuada antes de ser llevada a la impresora.

EDP. Electronic Data Processing.

EDPM. Electronic Data Processing Machine.

Ejecución. Pasos que debe desarrollar la computadora en base a comando dado por el programa en memoria a la unidad de control del procesador central.

Empacar. Comprimir en un campo, en una posición de memoria o en un dispositivo de almacenamiento secundario. En el sistema 360 de IBM es posible empacar información en una posición de memoria colocando dos números en lugar de ubicar un solo carácter.

En línea (On line). Forma de conexión de ciertos órganos periféricos, que pueden trabajar conectados directamente a la computadora.

Entropía. Cantidad de energía que por su degradación no puede aprovecharse.

Escribir. Transferir información desde el almacenamiento interno del procesador central a un dispositivo de salida o a un almacenamiento auxiliar.

Extraer. Reemplazar el contenido de una parte específica de una palabra con las partes correspondientes de otra palabra, lo cual es determinado por algún tipo de control patrón.

Factibilidad (estudio de). Investigación preliminar para determinar la posibilidad de usar cómputo electrónico en el proceso de ciertas aplicaciones.

Ferrita. Material, con forma de anillo, dotado de dos estados magnéticos de equilibrio, que permite almacenar y recuperar luego, un bit. Su simplicidad de uso, su rapidez de funcionamiento y su pequeño tamaño, le han convertido en el elemento que en la actualidad constituye, casi universalmente, las memorias centrales.

FORTRAN. Superlenguaje orientado a la resolución de problemas de tipo científico donde predominan los cálculos y el manejo de unidades periféricas así como el volumen de información que es necesario reportar son mínimos.

Fuera de línea (Off line). Dícese de los dispositivos periféricos que actúan fuera del control del procesador central efectuando operaciones simples.

Generador de programas. Método especial de programación que permite escribir un programa completo, aunque simple, por la computadora misma en base a un algoritmo que se le proporciona para tal fin.

Gestión integrada. En teoría de la información, se dice que una gestión está integrada si los diversos trabajos tienen repercusiones entre sí, sin intervención humana.

Grupo de registros. Combinación de dos o más registros dentro de un bloque de información; también llamado de bloqueaje.

Hardware. Los dispositivos mecánicos, magnéticos eléctricos, electrónicos, con los cuales es contruida la computadora.

Hexadecimal. Número de un sistema de base 16 en donde un dígito *n* asume valores de 0 a 9 y además otros seis valores que por lo general son representados por las letras del abecedario de la A a la F.

Implantar. Momento de una automatización que consiste en poner en operación una cadena de trabajos que las pruebas han reputado buena.

Impresora. Máquina de escribir de alta velocidad que sirve de órgano de salida para reportar información obtenida en un proceso.

Información. Elemento susceptible de observación directa que nos notifica un hecho

y que nos permite tomar una decisión. Por lo general es el resultado de un proceso que se efectúa sobre datos.

Instrucción. Conjunto de caracteres que representan una orden dada a la máquina y que ésta puede, naturalmente, cumplir.

Intercalación. Combinar registros desde dos o más archivos ordenados en secuencias similares, en un solo archivo, incluyendo todos los registros de los archivos originales.

Intercaladora. Máquina de registro unitario que realiza intercalaciones de dos archivos contenidos en tarjetas perforadas. (Ver: Intercalación.)

Interecord-gap (*espacio entre registros.*) Espacio que se deja entre grupos de registros en una cinta magnética y que permite que ésta pueda detenerse desacelerando uniformemente cuando se encuentra en operación.

Intérprete. Máquina de registro directo que interpreta el contenido de la tarjeta perforada imprimiendo sobre ésta los caracteres perforados.

Iteración. Técnica de repetir un grupo de instrucciones de computadora una o varias veces.

Label (etiqueta). Cualquier rasgo visible, que permite identificar un dispositivo de almacenamiento secundario; tal como un pedazo de papel colocado sobre un carrete de cinta magnética que identifica su contenido; también, en la elaboración de programas, los nombres que se usan para codificar las diferentes rutinas de éstos.

Lectora. Órgano periférico que sirve para la introducción de información a la memoria del procesador central, a partir de la información que figura en los soportes externos: tarjetas perforadas, cintas perforadas, documentos con caracteres ópticos o magnéticos, etc.

Lenguaje. Conjunto de caracteres, símbolos, palabras, frases, instrucciones y reglas que permiten escribir y describir programas para una aplicación dada.

Lenguaje de máquina. Sistema de instrucciones que es directamente utilizable por por la máquina, tal como se encuentra en la memoria principal en el momento en que está cargada.

Lenguaje de programación. Aquel que utilizan los programadores para escribir un programa en forma más o menos cómoda y que por lo general requiere de una traducción (ensamble, compilación, transcripción) para ser transformado a lenguaje de máquina.

Librería. Una colección organizada de rutinas que se encuentran generalmente en un almacenamiento secundario y están destinadas a usarse en la memoria principal para procesar aplicaciones de rutina ya estandarizadas.

Loop. Técnica de codificación, donde un grupo de instrucciones es repetido dos o más veces dentro de un programa, modificando tanto algunas de éstas así como los datos que son operados.

Macroinstrucción. Una instrucción de lenguaje de programación, traducida en instrucciones de lenguaje de máquina.

Mantenimiento. Trabajo de análisis y programación en el periodo posterior a la implantación.

Marca reflexiva. Señala el principio y fin del lugar que físicamente se puede utilizar para grabar información en una cinta magnética.

Marca sensible. Técnica para leer marcas especiales en lápiz sobre una tarjeta y automáticamente perforarlas con la información representada por las marcas sensibles dentro de la tarjeta.

Memoria principal. Por lo general, el dispositivo más rápido de una computadora y donde se depositan las instrucciones que han de ser ejecutadas.

Memoria secundaria. Un dispositivo que contiene instrucciones que han de ser ejecutadas, sólo que no son accesadas directamente por la unidad de control del procesador central, como en el caso de la memoria principal.

Microsegundo. La millonésima parte de un segundo.

Milisegundo. La milésima parte de un segundo.

Monitor. Programa en lenguaje de máquina que se deposita en la memoria principal para controlar la operación de una o varias rutinas durante su ejecución.

Nanosegundo. Milmillonésima parte de un segundo.

Negaentropía. Inversa de la entropía; sirve para medir el desorden de un sistema material. Para la teoría de la información, el orden de un sistema es proporcional a la información que contiene; la negaentropía, por tanto, es la medida de la cantidad de información que un sistema contiene.

Normalizar. Recorrer la información numérica de una palabra hasta que algún carácter, generalmente el de más a la izquierda, contenga un dígito diferente de cero.

Numérico. Aquel carácter que es un número.

Número. Cualquier dígito permitido en el sistema numérico de una máquina.

Número binario. Ver: Sistema numérico.

Número hexadecimal. Ver: Sistema numérico.

Número octal. Ver: Sistema numérico.

Núcleos magnéticos. Forma de almacenamiento de alta velocidad en el cual la información es representada por la dirección de núcleos ferromagnéticos magnetizados.

Off-line. Ver: Fuera de línea.

On-line. Ver: En línea.

Operador. Persona que vigila la ejecución de los programas por la computadora, controla la introducción de trabajos a la máquina y asigna equipo y tiempos, a través de la consola, a los procesos que han de realizarse.

Operando. Cualquier cantidad entera o decimal dentro de una operación.

Organigrama. Representación gráfica y simbólica de la organización del proceso de la información en una empresa; por extensión, representación en serie de la forma en que se encuentran ligados los departamentos de una organización.

Origen. Punto de partida; en código relativo, la dirección absoluta de memoria a la cual los direccionamientos en una región son referenciados.

Overflow. En una operación aritmética, la generación de una cantidad más allá de la capacidad de un registro.

Palabra. Conjunto de caracteres directamente localizables en su totalidad. En una máquina con unidad, *palabra* es la cantidad más pequeña de información a la que accede la memoria principal, o que puede ser procesada en la UCP.

Paralelo. Un procesamiento o transferencia se cumple en *paralelo*, cuando todos los bits son tratados simultáneamente en tantas líneas y órganos idénticos como bits hay. El procesamiento en paralelo es utilizado particularmente por las máquinas que utilizan como unidad de información la *palabra*. Dícese de dos o más procesos que realizan las mismas funciones y efectuadas al mismo tiempo.

Parámetro. Cantidad a la cual puede ser asignado un valor arbitrario.

Perforación. Ver: Tarjetaperforada y Cinta perforada.

Perforadora de cinta de papel. Máquina que permite registrar información en cintas de papel, pueden seraccionadas automáticamente por otras máquinas o por la computadora.

Perforadora de tarjetas. Máquina de registro directo que permite registrar información directamente de documentos fuente a tarjetas perforadas.

Periférico. Órgano externo a la computadora misma, pero que trabaja bajo su control. Se trata siempre de órganos de entrada y/o salida que por lo general manejan dispositivos de almacenamiento de información. Un órgano periférico se encuentra siempre cerca de la computadora, mientras que una terminal está a distancia.

Procesador. Órgano básico de la computadora, que efectúa simultáneamente el control de la ejecución del programa y las operaciones de cálculo y de lógica.

Procesamiento de datos. Denominación genérica para todas las operaciones realizadas sobre datos, de acuerdo a reglas precisas para la obtención de información.

Proceso de datos. Ver: Procesamiento de datos.

Programa. Conjunto coherente de instrucciones destinado al tratamiento de un problema dado. Un programa contiene un algoritmo o una serie de éstos.

Programador. Persona adiestrada en la escritura de programas, en uno o varios lenguajes de programación.

Proveedor. Persona o sociedad que estudia, fabrica, alquila o vende computadoras y/o todos los órganos anexos.

Rebobinar. Regresar una cinta su inicio.

Reestablecer. Retornar una localización o dispositivo a ceros, o a otra condición inicial.

Registro. Conjunto informativo que forma un todo lógico, físicamente unido en las operaciones de transferencia entre los soportes externos y la memoria principal; dispositivo de almacenamiento temporal de información mientras o hasta que ésta es usada.

Registro directo. Sistemas de registro y proceso que usan los datos sin codificación.

Registro indirecto. Sistemas de registro de datos con una simbología especial diferente a la comúnmente usada por el hombre; para usar estos dispositivos es necesario codificar o traducir los datos mediante un lenguaje propio del hombre a un código propio de la máquina.

Reloj. En una computadora síncrona, la fuente de pulsaciones igualmente espaciadas que se requieren para sincronizar las operaciones del dispositivo.

Reporte. Documento de salida preparado por un sistema de procesamiento de datos.

Reproductora. Máquina de registro unitario que permite reproducir información contenida parcial o totalmente en una tarjeta a otra u otras tarjetas.

Rutina. Segmento de un programa que se caracteriza por un principio y un fin en la codificación total del proceso.

Salto. El rompimiento de una secuencia anterior a otra de instrucciones de ejecución empleadas por la computadora; espacio entre un renglón y otro de la impresora al momento de escribir.

Salto condicionado. Instrucción ejecutada solamente si una cierta condición se presenta en la máquina al tiempo que la orden es ejecutada. La naturaleza de la condición es especificada por el código de operación de la instrucción.

Secuencia. Serie de instrucciones efectuadas una tras otra, sin bifurcaciones. Una secuencia integra una rutina.

Selección. Operación que consiste en escoger de un archivo dado un registro, o de un registro cierta información.

Señal. La salida de un circuito, usada para controlar y/o medir el tiempo de varias operaciones de cómputo.

Serie. Un procesamiento o transferencia, se efectúa "en serie", cuando los bits son tomados en orden de secuencia, uno después de los otros en una misma línea, o en un orden único. Se opone al procesamiento "en paralelo"; el procesamiento en serie es más económico, pero también más lento.

Seudo-instrucción. Aquella que no tiene ninguna traducción en lenguaje de máquina y que sólo sirve para dar informaciones al compilador o traductor.

Signo. El símbolo que distingue los números positivos de los negativos.

Símbolo. Imagen, figura o carácter con el que oral o materialmente se representa un concepto.

Simulación. Representación de un fenómeno o una acción.

Simultaneidad. En computación, llevar a cabo dos procesos a un mismo tiempo.

Sistema. Conjunto de elementos íntimamente relacionados con un objetivo común.

Sistema numérico. Conjunto de elementos íntimamente relacionados con un objetivo común.

Sistema numérico. Representación de cantidades mediante un sistema de valor posicional cuya forma general es:

$$N = A_n r^n + A_{n-1} r^{n-1} + \ldots + A_1 r + A_0 + A_{-1} r^{-1} + A_{-2} r^{-2}$$

en notación decimal, $r = 10$ y $A_i = 0, 1, \ldots, 9$; r es llamado el radical, o valor que define el sistema. Algunas bases comúnmente usadas:

Base	*Nombre*
2	Binario
8	Octal
10	Decimal
12	Duodecimal
16	Hexadecimal

Software. Neologismo inspirado por la palabra *Hardware*. Todo aquello que, fuera de los mecanismos físicos, permite el uso de la computadora: programas generales, rutinas y material en general.

Subrutina. Una pequeña rutina que puede ser incorporada dentro de una labor más grande.

Switch. En diagramas de flujo, símbolo

usado para indicar una situación donde el resultado de una decisión debe ser empleado en algún punto o puntos posteriores.

Tabla. Forma especial de arreglar información dentro de la memoria para simular matrices simples o de otro tipo.

Tabuladora. Máquina de registro unitario que permite elaborar reportes a partir de grupos de tarjetas procesadas previamente en otras máquinas de registro unitario. Esta máquina también puede realizar sumas y restas.

Tambor. Soporte de almacenamiento secundario de acceso directo, que ofrece poca capacidad de almacenamiento comparado con otros medios, pero de una gran rapidez. Los tambores tienen tendencia a ser abandonados y reemplazados por otros dispositivos que a últimas fechas han aumentado en velocidad, como son los discos.

Tarjeta perforada. Soporte de información de algunos equipos de registro unitario (electromecánicos) constituida por una cartulina con una matriz de 80 columnas por 12 renglones (IBM), donde se puede representar un carácter en cada columna valiéndose de posibles perforaciones en la intersección de las columnas y los renglones en base a un código especial.

Terminal. Órgano de entrada/salida situado en un lugar diferente que la computadora, y ligado con ella por una línea telefónica o telegráfica. Las terminales son utilizadas generalmente para el acceso directo a distancia.

Test. Prueba que se realiza a un programa para verificar que no tiene errores y que efectúa correctamente los trabajos indicados en el análisis.

Tiempo compartido. División del tiempo de una computadora para que varios usarios puedan ejecutar casi simultáneamente sus trabajos, dando la impresión de que cada usuario usa en forma exclusiva la computadora.

Traducción. Cambiar información desde una forma de representación a otra, sin afectar el significado de ésta.

Transferir. Mover información desde un dispositivo de almacenamiento a otro, o desde una parte de la memoria principal, a otra.

UCP (Unidad central de proceso). La parte más importante de una computadora, donde se realizan los procesos que demanda un sistema sobre los datos de entrada.

Verificadora. Máquina de registro unitario que permite comprobar que la información registrada en tarjetas con la perforadora desde un documento-fuente, esté correcta.

Índice analítico

Abalorios, 68
Acceso
  al azar. *Véase* Acceso directo
  aleatorio. *Véase* Acceso directo
  directo, 224
  secuencial, 21, 55
Ackoff, R. L., 21, 55
Acumulador, 347
Aiken, A., 75
Algoritmo, 182-186, 250
Almacenamiento de datos, 82-83
Almacenamiento
  primario. *Véase* Unidad de memoria
  secundario, 117-118, 145
Archivo(s), 103
  formación del, 348
  organización de, 223-235
Aritmómetro, 69
Arreglo, 264
Atanasoff, J. V., 74

Babbage, Ch., 71-72
Baldwin, F., 71-72
Banco de datos, 82
Banda proporcional, 299
Base de datos, 103
Batch. *Véase* Proceso en lotes
Berry, C., 74
Bit, 96, 103
  de paridad, 101-102
Burbujas magnéticas, 166-167
Burroughs, W. S., 72
Byte. *Véase* Carácter

Caja negra, 20n, 295
Cálculo
  en grupos, 346
  simple, 346-347
  sumario, 347
  sumas cruzadas, 347-348
Campo, 103
Canales, 148
Captación. *Véase* Entrada de datos
Carácter, 103-104, 135
Cassettes. *Véase* Minicintas
Centralización, 277-278
Centro de clase, 265-266
Cibernética
  decisiones y, 39-41
  definiciones, 48n, 288
  informática y, 288-295
  objetivo, 288
Ciclo
  de control administrativo, 41-44
  de máquina, 139
Ciencia de la computación, 77
Cinta de control de carro, 173
Codificación, 94
Código(s)
  ASCII, 98, 100
  BCD, 97-98
  EBCDIC, 100
  Hollerith, 104-105, 333
Columna, 148n
Compilador(es), 193-194, 202
Comptómetro, 72
Computadora(s)
  ACE, 76
  de lógica almacenada, 324
  EDSAC, 76
  EDVAC, 76
  ENIAC, 75

UNIVAC, 76
Computadoras electrónicas, 116-125
aplicaciones, 370
aspectos económicos, 304-306
aspectos tecnológicos, 302-304
clasificación, 123-125
componentes, 116-117
desventajas, 122-123
generaciones de, 117-121
ventajas, 122
Comunicación(es)
sistemas operativos y, 213-214
teoría matemática de la, 33
Consolas, 170-171
Control
anticipatorio, 294-295
cibernético, 295
factores de desequilibrio, 297-298
modos de, 299-300
retrasos en el, 295-297
ventajas, 295, 297-298
de paridad, 101
Conversión de datos, 127-130
en pasos sucesivos, 128-130
etapas, 332-338
simple, 128-129
Convertidores analógico/digitales, 150-151
Cotejadora. *Véase* Intercaladora

Chip, 119, 136

Datos, 30
almacenamiento de, 82-83
banco de, 82
conversión, 127-130
entrada de, 80-81
fuentes de, 57
proceso de, 10, 70, 81
recolección de, 126-127
registro de (RD), 137
salida de, 80, 82
trasmisión de, 83
Decisión(es)
cibernética y, 40
información y, 36
niveles inferiores de, 34
no programables, 39-40
programables, 39, 51 n
Departamento de informática, 279-284
aspectos humanos, 284-285
funciones, 281-284
Diagramas
de bloques. *Véase* Diagramas de flujo
de flujo, 58, 354, 367-368, 381
niveles, 59
símbolos, 58-59
de procedimientos. *Véase* Diagramas de flujo
lógicos. *Véase* Diagramas de flujo
Digitalizadores, 151
Dígito
de control. *Véase* Dígito verificador
verificador, 102-103
Diskkette. *Véase* Minidiscos
Dispositivos
en línea, 142-143
fuera de línea, 142-144
periféricos, 145-181
Distribución. *Véase* Salida de datos
Distribución de frecuencia, 264-266
División del trabajo, 21-22
Documentos-fuente, 57, 332, 353-354
D. V. Medwin, 177

Eckel, P., 75
Emery, J. C., 21-22, 24
Emisor, 338
Ensambladores, 202
Entrada de datos, 80-81, 125-126
actividades fundamentales, 81
Entropía, 291
Eppler, E., 319
Equifinalidad, 19
Era de la máquina, 21-22
Estadística descriptiva, 264-270
división, 264
Estado de la máquina, 185-186
Estructura. *Véase también* Organización
formal, 277
informal, 277
Estructura de un sistema, 22
definición, 22
diseño, 23
criterios, 24-26

Felt, D. E., 72
Firmware, 324
Floppy-disk. *Véase* Minidiscos
Font, M., 74
Frecuencia, 264
Fronteras de un sistema, 20

Gangpunch. *Véase* Multiperforación
Graficadores, 179-180

Hewlett-Packard, 107n
Hollerith, H., 70-71
Homeostasis. *Véase* Control cibernético
Homeóstato, 289

Impresión
  de grupo, 350
  detallada, 350
  en paralelo, 349
  en serie, 349
Impresoras
  de caracteres, 174-176
  de líneas, 172-174
  de páginas, 176-177
  láser, 176
Incertidumbre, grado de, 38n
  información y, 53
Información, 30-39
  automatizada, 11
  cantidad de, 32
  clasificación, 33-34, 263
  como producto, 42, 51
    características, 44-46
  cualitativa, 263
  cuantitativa, 263
  datos e, 30
  decisiones e, 36
  definiciones, 30-31, 33
  en las organizaciones, 60-64
  flujo de, 57
  incertidumbre e, 53
  instrucción e, 32
  jerarquías de, 103-104
  motivación e, 32
  niveles de estudio, 32
    normativo, 33
    programático, 32
    semántico, 32
    técnico, 32
  procesos de registro de, 92
  sistemas de, 18, 27, 29-30, 33, 51, 58, 80-84, 238, 239
  toma de decisiones e, 10, 27, 29, 31, 37
Informática
  administrativa, 29
  aplicada a los métodos matemáticos, 263-275
  cibernética e, 288-295
  definiciones, 10, 27, 29
  departamento de, 279-281
    funciones, 281-284
  función, 27
  objetivos, 29
Instrucción, información e, 32
Intercaladora, 344
Intérprete, 195, 338
Intervalo de clase, 265
Investigación de operaciones, 39, 272

Jacquard, J. M., 70
Jerarquías de información, 103-104
Jramoi, A. V., 289

Kahn, H., 305
Kenney, D. P., 320

Langefors, D., 240
Lectora
  de caracteres magnéticos, 149-150
  de caracteres ópticos, 148-149
  de cintas de papel, 147-148
  de marcas ópticas, 150
  de tarjetas, 146-147
  grabadora
    de cintas magnéticas, 151-155
    de discos magnéticos, 155-159
    de tambores magnéticos, 159-160
    de tarjetas magnéticas, 160-161
Lectores de barra, 151
Lenguaje
  de máquina, 188
  ensamblador, 189-192
Listado. *Véase* Impresión detallada
Loop, 187, 192

McLuhan, M., 303
Macroinstrucciones, 202
Manchly, J. W., 75
Manejo de interrupciones, sistemas operativos y, 214-215
Manual de procesos, 354-355
Máquina cibernética. *Véase* Computadoras electrónicas
Máquina de cómputo ABC, 74
Máquina de Turing, 74, 196-199
  programa para la, 197
Massy, W. F., 239
Mecanismos de proceso, 67-78, 80
Medidas de dispersión, 270-271
  desviación estándar, 271
  rango, 271
Medidas de tendencia central, 266-270
  media aritmética, 266-267, 269
  mediana, 267-269
  modo, 269-270
Medios de proceso, 80
Memorias de lectura (ROM), 136
  EPROM, 136
  PROM, 136
Memorias masivas de núcleos magnéticos, 161-162
  unidad de memoria y, 162
Mesa de control, 283
Metas, 19
Microcomputadoras, 318-319, 321-325, 328

Minicintas, 166
Minidiscos, 163-165, 279
Minicomputadoras, 318-328
  antecedentes, 320
  características, 321-323
  criterios de clasificación, 320
  limitaciones, 327-328
  ventajas, 326-328
Modelos matemáticos, 272-275
  de optimización, 272-274
  de simulación, 274-275
Monroe, J., 72
Morland, S., 69
Motivación, información y, 31
Multiperforación, 337
Multiproceso, 211-212
Multiprogramación, 207-211

Nanosegundo, 207 n
Napier, J., 69
Niveles de comportamiento, sistemas y, 17-18

Objetivos, 37
  de los sistemas, 19
Organización(es), 277
  como sistema, 22, 294
  componentes de una, 48, 49f
  enajenada, 291
  estructuradas por proyecto, 25
  información en las, 60-64
  máquina cibernética y, 292

Palabra, 103
Paridad non, 101
Pascal, 69-70
Perujlic, M., 304
Perforación, 332-333, 354
  en grupo. *Véase* Multiperforación
Perforadora
  de cintas de papel, 177
  de tarjetas, 177
Posición(es)
  de dígitos, 104
  de zona, 104-105
Procesador central, 132-133
  elementos, 133
Procesador de Babbage, 71-72, 74
Proceso(s)
  de datos, 10, 70, 81
    aspectos, 81
    objetivo, 81
    propiedades, 82
  de registro de información, 92-94
    clasificación, 92-93
  distribuido, 325
  en lotes, 207
  en tiempo real, 213
  heurístico, 24
Programa
  almacenado, 142
  monitor, 203-204, 208
  residente (IOCS), 202
Programación
  de computadoras, 182-200
    principios, 182-188
  lineal, 272-273
Programador, 186
Programas
  de control, 216-218
  de proceso, 216-219
    clasificación, 218-219
Promedios. *Véase* Medidas de tendencia central
Prueba de escritorio, 256

Recolección de datos, 126-127, 330-332
Reconocimiento óptico, 149
Redundancia, 101
Registro(s), 140
  de datos (RD), 137
  de dirección de memoria (RDM), 137
  físico, 103-104
  lógico, 103-104
  unitario, 110
    almacenamiento, 339
    aplicaciones, 352-369
    diseño, 110-112
    funciones básicas, 330-351
    procesos de, 339-349
    trasmisión, 338
Reporte, 349-351
  partes del, 350
Reproducción, operaciones básicas, 335-338
Resumen. *Véase* Impresión de grupo
Retroalimentación, 41
Ritty, J., 72
RJE. *Véase* Dispositivos fuera de línea
ROM, 324

Salida de datos, 80
  objetivo, 82
Sanders, D. H., 278
Schumacher, E. F., 26
Servomecanismo, 44n
Shannon, C., 32-33, 83
Simon, H., 39
Sinergia, 19
Sistema(s)
  abiertos, 17, 26, 2

abstracto, 16-17
ambiente del, 20, 25-26
análisis, metodología, 241-259
artificiales, 17
binario, 94-96
características, 16
cerrados, 17
clasificación, 16-17
concretos, 16-17
criterios de integración, 22
de aprendizaje, 51, 56-57
de control, 50, 56, 288
dirección, 289
de operación, 48-49
de planeación, 51, 57
de toma de decisiones, 49, 51
definición, 18
directivos, 48
componentes, 49-50
diseño, orientaciones metodológicas, 239-240
elementos, 16
estructura de los, 21-22
fronteras de un, 20
inercia del, 296
informáticos, 28, 50, 52f
componentes, 50-51
inteligentes. *Véase* Sistemas informáticos
naturales, 17
niveles de comportamiento
aleatorio, 18
de adaptación-aprendizaje, 18
determinístico, 17
homeostático, 17
teleológico, 17-18
objetivos de los, 19
asignados, 19
de corto plazo, 19
de largo plazo, 19
de mediano plazo, 19
intrínsecos, 19
organización como, 22
social, 25
teoría de, 16, 18
Sistemas de información, 18, 27, 29-30, 33, 51, 57-58, 60-64
cibernéticos. *Véase* Sistemas de información electrónicos
diseño, 55-56
electromecánicos, 86-87
electrónicos, 87-88
funciones, 80-84, 238-239
manuales, 81-85
mecánicos, 85-86
niveles de operación, 53-55
organizaciones y, 290-292
técnicas de descripción, 58
tipología, 84-88
Spooling, 219
Stochs, 68
Suanpang, 68
Superlenguajes, 193-196
clasificación, 194-195

Tarjeta(s)
de detalle, 355-363
de índice, 348
de información, 348
de microfilme, 348
de tiempo, 365-366
maestras, 358-363
perforada, 104
del sistema tres, 104, 106
IBM, 104-105, 107-111
UNIVAC, 106
Teoría
de sistemas, 18
del control automático, 292-297
matemática de la comunicación, 33
Terminales, 168-170
Thomas, C. X., 71
Tiempo compartido, sistemas de, 215, 325-326
Toma de decisiones
control y, 292
información y, 10, 27, 29, 31, 37, 238-239
modelo de, 31
proceso de, etapas, 36
sistemas para, 239
Totales, clasificación, 351
Tramo de control, 21, 24
Trasmisión de datos, 83
Turing, A. M., 74, 185

Unidad(es)
central de proceso (UCP), 132, 144
dispositivos periféricos de la, 145-181
funciones, 132-133
de aritmética y lógica, 139-141
de control, 138-139
de periféricos, 141
de entrada, 145-151
de entrada-salida, 145-146, 172-180
de memoria, 118, 133
elementos, 134
memoria masiva y, 162
de microfilm (COM), 177-178
de salida, 145-146, 172-180

especializadas, 180
Universo, 48, 53

Variables
aleatorias, 38
endógenas, sistemas y, 20
exógenas, sistemas y, 20
Verificación, 333-334, 354
Videodiscos, 167
VLSI, 119
Von Leibniz, G. W., 69-70
Von Newman, J., 74-75

Weaver, W., 32
Wiener, N., 288, 304
Winer, J., 305

Zuse, K., 75

La publicación de esta obra la realizó
Editorial Trillas, S. A. de C. V.

División Administrativa, Av. Río Churubusco 385,
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.
Tel. 56884233, FAX 56041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439
México, D. F. Tel. 56330995, FAX 56330870

Esta obra se terminó de imprimir
el 18 de abril de 2005,
en los talleres de Irema, S. A. de C.V.
Se encuadernó en Acabados Editoriales Anfre'd.
BM2 80 TW

Servir como introducción al campo de la informática para estudiantes interesados en profundizar dentro de esta área. En virtud de su amplio contenido y del enfoque que se da a los diferentes temas, puede resultar de gran interés para lectores que posean conocimientos y experiencia. La estructura de la obra está planeada para que sea fácilmente estudiada a nivel básico en un curso semestral de dos clases de una hora por semana, o en un curso trimestral de veinte sesiones; sin embargo, puede adaptarse el contenido a cursos de menor duración eliminando algunos capítulos que no sean indispensables para cada curso en particular.

OTRO TÍTULO DE LA SERIE

Fred aprende informática

Este libro resultará de gran valor para toda aquella persona que se inicia en el área de la informática y desea conocer los aspectos relevantes de lo que son y hacen las computadoras, principalmente en el ámbito de la administración. El texto está redactado en forma de diálogo en el que el discípulo Fred aprende de Rufo, el profesor de Todología, en forma fácil y amena. Además, está acompañado de dibujos sinópticos que facilitan la comprensión de los conceptos.

Introducción a la informática abre un nuevo panorama en las áreas economicoadministrativas, ya que proporciona las bases para comprender y desarrollar los programas de procesamiento de datos aplicables a la administración.

En este volumen introductorio al campo de la informática, los estudiantes y profesionales encontrarán información suficiente sobre los conceptos generales, el proceso de datos y el funcionamiento de las computadoras, cuyo uso apropiado dentro de la empresa será de gran valor en el momento de tomar decisiones.

ISBN 968-24-1694-9
9 789682 416941
www.trillas.com.mx